

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки машиностроение 15.04.01  
 Отделение электронной инженерии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны</b>

УДК 621.791.754.6.052.7:622.691.4.07

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Габерлинг Иван Петрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отдела электронной инженерии	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы базовой инженерной подготовки	Данков А.Г.	к.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 Машиностроение. Машины и технологии сварочного производства	Гнюсов С.Ф.	д.т.н		

Томск – 2018г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код результата	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения</b>
<i>Универсальные компетенции</i>	
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки машиностроение 15.04.01  
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Гньюсов С.Ф.  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Габерлинг Ивану Петровичу

Тема работы:

Разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.10.16 , 8896

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1.05.18

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<b>Устройство для управления углом наклона электрода при сварке трубопровода</b>

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Ведение</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор существующих устройств, для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.</li> <li>2. Требование к стабильности вылета электрода.</li> <li>3. Разработка функциональной схемы.</li> <li>4. Разработка механической схемы системы геометрической адаптации.</li> <li>5. Разработка общей принципиальной электрической схемы.</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> <li>8. Заключение.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цель и задача работы</li> <li>2. Комплекс сил, влияющий на сварочную ванну</li> <li>3. Кинематическая схеме устройства</li> <li>4. Функциональная схема</li> <li>5. Общая принципиальная электрическая схема</li> <li>6. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>7. Социальная ответственность</li> <li>8. Вывод по работе</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор существующих устройств, для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.</li> <li>2. Требование к стабильности вылета электрода.</li> <li>3. Разработка функциональной схемы.</li> </ol>	<p>Князьков Анатолий Федорович</p>

4. Разработка механической схемы системы геометрической адаптации.	
5. Разработка общей принципиальной электрической схемы.	
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Данков Артем Георгиевич
7. Социальная ответственность.	Мезенцева Ирина Леонидовна
Приложение	Игна Ольга Николаевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Литературный обзор существующих устройств, для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.	
Требование к стабильности вылета	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	22.02.18
---	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отдела электронной инженерии	Князьков Анатолий Федорович	Доцент		22.02.18

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Габерлинг Иван Петрович		22.02.18

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 91 с., 15 рис., 20 табл., 14 источников.

Ключевые слова: сварка кольцевых швов, СГА, пространственное положение сварочной ванны, вылет электрода, формирование шва.

Объектом исследования является: устройство для управления угла наклона электрода при сварке трубопровода

Цель работы – разработать устройство для управления углом наклона электрода при сварке специализированного робота, то есть разработка одной из основных частей сварочного робота для сварки кольцевых неповоротных стыков магистральных трубопроводов.

В процессе исследования проводилась разработка принципиальной схемы, кинематической схемы, электрической схемы и проверка их рабочего действия на макете.

В результате исследования было выяснено, что при орбитальной сварке необходима реализация соответствия угла наклона электрода в функции пространственного положения условиям формирования сварочного шва, то есть выполнять равенство определенному требуемому значению.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: устройство состоит из двух параллелограммов наложенных друг на друга, образующий ромб с фиктивной вершиной, благодаря чему при изменении угла наклона остаются постоянными вылет и скорость сварки.

Область применения: трубостроительная, строительная отрасль и др.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется: ввести технологию в промышленность.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применялись следующие обозначения:

$P_0$  – равнодействующая сила;

$G$  – вес сварочной ванны;

$P$  – сила поверхностного натяжения;

$P_T$  – тангенциальная сила;

$P_R$  – нормальная сила;

$d_э$  – диаметр электрода;

$L_B$  – вылет электрода;

$L_э$  – длина электродной части;

$L_d$  – длина дуги;

$K$  – коэффициент перевода электрической мощности в тепловую мощность;

$T$  – температура электрода;

$J$  – сила тока;

$\rho$  – удельное сопротивление материала электрода;

$L_{эл}$  – длина электродной части;

$S$  – площадь сечения;

$R_0$  – сопротивление при комнатной температуре;

$T$  – температура подогрева электрода;

$T_0$  – комнатная температура;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

БП – блок питания;

$П_\alpha$  – приводное устройство перемещения сварочной головки вдоль линии стыка;

$Д_\beta$  – датчик угла наклона сварочной головки;

$Д_\alpha$  – функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны;

СУ – сравнивающее устройство;

ИУ<sub>1</sub> и ИУ<sub>2</sub> – исполнительные устройства;



PO – рабочий орган;  
O – объект (сварочная головка);  
 $V_{св}$  – скорости сварки;  
ОПТ<sub>1</sub>, ОПТ<sub>2</sub> – однопереходные транзисторы;  
VT<sub>1</sub>, VT<sub>2</sub> – транзисторы;  
VS<sub>1</sub>, VS<sub>2</sub>, VS<sub>3</sub>, VS<sub>4</sub> – тиристоры;  
M – электродвигатель;  
R<sub>18</sub>, R<sub>19</sub> – потенциометры;  
VD<sub>26</sub>, VD<sub>27</sub> – стабисторы;  
VD<sub>28</sub>, VD<sub>29</sub> – диоды;  
R<sub>23</sub>, R<sub>24</sub> – резисторы.

В данной работе применялись следующие сокращения:

СГА – система геометрической адаптации;  
ТН – токоподводящий наконечник;  
И – изделие.

В данной работе применялись ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2.702 – 2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.710 – 81 ЕСКД. Обозначения буквенно–цифровые в электрических схемах.
3. ГОСТ 2.721 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах общего применения.
4. ГОСТ 2.725 – 68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Стабисторы, потенциометры.
5. ГОСТ 2.728 – 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
6. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»

7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
8. ГОСТ Р 12.4.297-2013 «Одежда специальная для защиты от повышенных температур. теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени»
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
10. СанПиН 2.2.4.548–96. Физические факторы производственной среды.
11. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
12. ГОСТ 12.3.002-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности».

В данной работе использованы следующие термины с соответствующими определениями:

система геометрической адаптации (СГА): геометрическая адаптация – управление углом наклона сварочной головки в функции пространственного положения сварочной ванны.

Вылет электрода: под вылетом электрода понимают расстояние от токоподводящего наконечника до изделия.

## Оглавление

Введение.....	14
1. Литературный обзор существующих устройств, для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.....	17
1.1 Потребность автоматизации – роботизации при сварке магистральных трубопроводов.....	17
1.2 Комплекс сил, действующих сварочную ванну.....	19
1.3 Необходимость изменения угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.....	23
1.4 Анализ существующих устройств.....	26
Заключение.....	31
2. Требование к стабильности вылета электрода.....	32
3. Разработка функциональной схемы.....	35
3.1 Система геометрической адаптации угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.....	35
4. Разработка механической схемы системы геометрической адаптации.....	37
5. Разработка общей принципиальной электрической схемы.....	40
5.1 Датчики сварочной головки и ванны.....	44
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
6.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	48

6.1.3	SWOT – анализ.....	49
6.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	51
6.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	51
6.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	52
6.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	52
6.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	56
6.2.5	Расчет материальных затрат НТИ.....	56
6.2.6	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	57
6.2.7	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	58
6.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
6.2.9	Накладные расходы.....	60
6.2.10	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	60
6.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	61
7.	Социальная ответственность.....	65
7.1	Производственная безопасность.....	65
7.2	Экологическая безопасность.....	75
7.3	Жизненный цикл разрабатываемого устройства.....	76
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
7.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения	

безопасности.....	78
Заключение.....	80
Список публикаций.....	81
Список используемых источников .....	82
Приложение .....	84
CD диск в конверте на обороте обложки	

## **Введение**

В качестве важнейших задач по ускорению научно – технического прогресса и развитию науки рассматривается введение автоматизированных систем в различные сферы, в первую очередь в проектирование, управление оборудованием и технологическими процессами.

**АКТУАЛЬНОСТЬ.** В связи с значительным ростом сооружения и ремонта трубопроводов, немалая их протяженность требует большого темпа прокладки сооружений. Тем не менее, на сегодняшний день, во всем мире ресурсы повышения производительности процессов ручной дуговой сварки трубопроводов практически исчерпаны, и дальнейшая ступень развития будет основываться исключительно на механизации и автоматизации сварки кольцевых неповоротных стыков трубопроводов. Основным возмущение при этом является изменяющееся пространственное положение сварочной ванны.

Для дальнейшего роста качества автоматической сварки кольцевых неповоротных стыков трубопроводов требуется разработать такой способ сварки, который обеспечил бы управляемый перенос электродного металла и хорошее формирование сварного шва в различных пространственных положениях. При этом необходимо учесть, чтобы в процессе сварке вылет электрода, скорость сварки и ток оставались неизменными, для того, чтобы сечение шва по длине оставалось неизменным, и тем самым исключить наложение корректирующих швов. Так же следует сосредоточить внимание на использование недорогих сварочных материалов.

Применение устройства для изменения угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны, решает такие технологические проблемы как управляемый перенос и направленный перенос электродного металла, возможность выполнять сварку во всех пространственных положениях, формирование сварочной ванны с высоким качеством, что экономически целесообразно.

Поэтому создание устройства для адаптации угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны при сварке кольцевых неповоротных стыков трубопровода является перспективным направлением.

ЦЕЛЮ РАБОТЫ является исследование и разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. выпускная квалификационная работа состоит из введения, восьми глав, общих выводов, списка литературы и приложения. Работа выполнена на 91 страницах, содержит 15 рисунков, 20 таблиц.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ – устройство для управления углом наклона электрода при сварке трубопровода.

#### НАУЧНАЯ НОВИЗНА:

Предложена и конструктивно проработана система геометрической адаптации угла наклона электрода при сварке кольцевых неповоротных стыков труб.

1. Установлено, что при сварке кольцевых неповоротных стыков труб в положении сварочной ванны в пределах от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  нужно компенсировать тангенциальную составляющую результирующей силы. А при положении сварочной ванны в пределах от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  нужно компенсировать в основном нормальную составляющую результирующей силы.

2. Установлено, что при определении действия результирующей силы на сварочную ванну необходимо учитывать угол фронта кристаллизации сварочной ванны, при этом зенит, т.е. горизонтальное положение сварочной ванны, будет находиться в районе  $158^\circ$  -  $160^\circ$ .

3. Установлено, что компенсировать силы необходимо изменением угла наклона сварочной головки и изменяя величину давления дуги.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ.

1. Создан действующий экспериментальный макет установки для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.

**АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ.** Результаты данной работы представлены на научных семинарах инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности, в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, доложены на конференциях разного уровня.

**ПУБЛИКАЦИИ.** Материалы работы опубликованы в трех работах. По результатам работы подана заявка на изобретение.



# **1. Литературный обзор существующих устройств, для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.**

## **1.1 Потребность автоматизации – роботизации при сварке магистральных трубопроводов**

Один из основных на сегодня источников головной боли руководителей промышленных компаний – низкая производительность труда. Анализируя ее причины, можно прийти к выводу, что одна из многих проблем, эта проблема во многом упирается в устаревшую оснастку труда.

Сегодня тысячи компаний по всему миру делают ставку на использование роботов в своем производстве. Ведущие российские предприятия также следуют этому тренду, чтобы сохранить или повысить свою конкурентоспособность.

Есть все основания полагать, что именно ближайшее десятилетие станет переломным этапом в развитии новых подходов к производству, рубежом между эпохами неавтоматизированного и автоматизированного производства.

Совершенно очевидно, что именно сейчас для этого созрели научно-технические предпосылки, связанные с появлением и развитием новейших средств автоматизации. К ним относятся в первую очередь автоматические системы управления на основе промышленных контроллеров и, конечно же, промышленные роботы, поднявшие производство на качественно более высокий уровень [1].

В ходе последних данных, на конец 2012 года протяжённость эксплуатируемых магистральных трубопроводов (по данным Росстата) составляет 250 тыс. км, в том числе газопроводов 175 тыс. км, нефтепроводов 55 тыс. км и нефтепродуктопроводов 20 тыс. км [10].

За последние годы пятилетки протяженность магистральных трубопроводов увеличилась на 57 тыс. км, сооружено 320 компрессорных и нефтеперекачивающих станций. Темпы и сроки строительства, масштабы

использования достижений научно-технического прогресса при сооружении трансконтинентальных трубопроводных систем не имеют аналогов в мировой практике.

В связи с огромным увеличением протяженности магистральных трубопроводов и увеличенном их диаметров значительно возрастет объем сварочных работ, для выполнения которых намечается широкое внедрение наиболее прогрессивных и высокопроизводительных способов сварки магистральных трубопроводов [11].

При сооружении трубопроводов сварка кольцевых неповоротных стыков труб является одной из главных технологических операций.

Совместно с множеством совершенствования известных и создание новых, более универсальных технологий сварки является существенной задачей в строительстве трубопроводного транспорта. Актуальность этих работ растёт в связи с планируемым строительством мощных трубопроводов с большим рабочим давлением, у которых толщина стенки труб при использовании больших диаметров увеличивается до 30мм и более. При этом существенно повышаются требования к их эксплуатационной надёжности.

При таких условиях строительства повысить эффективность сварочных работ можно только за счёт применения автоматизации – роботизации высокопроизводительных автоматических методов при орбитальной сварке, обеспечивающих высокое качество сварных соединений.

Процесс роботизации производства может помочь понизить действие человеческого фактора и достигнуть лучшего высококачественного и количественного показателя конечной продукции за счет точности работы и стойкости к действию различных условий.

Автоматизация – роботизация в сварке чрезвычайно гибкий механизм, что дает возможность разрешать практически все важные задачи, где необходимы большие трудовременные затраты и качество.

## 1.2 Комплекс сил, действующих на сварочную ванну

В процессе сварки форма и размеры сварочной ванны зависят не только от теплофизических свойств металла и параметров режима сварки, но и от величины и направления сил, действующих на сварочную ванну. Основными из этих сил являются [3]:

- силы поверхностного и межфазного натяжения;
- вес жидкого металла сварочной ванны;
- силовое воздействие сварочной дуги.

Наружная поверхность сварочной ванны, а также форма образующегося наплавленного валика во много зависит от воздействия этих сил. Если при сварке в нижнем положении этим силам не уделяют особого внимания, то при орбитальной сварке они играют основную роль в формировании сварного шва.

В процессе сварки сварочная ванна находится под действием комплекса сил: поверхностного натяжения, веса сварочной ванны, силового воздействия дуги. Величины этих сил зависят от многих параметров: способа сварки, режима сварки, сварочных материалов, и т.д. При сварке в каком-либо фиксированном пространственном положении затруднений с формированием шва не возникает, так как режим сварки подбирается таким образом, чтобы сварочная ванна находилась в равновесии под действием приложенных к ней сил, обеспечивая максимальную производительность. При орбитальной сварке неповоротного стыка, когда пространственное положение постоянно изменяется, для удержания жидкого металла сварочной ванны необходимо корректировать режим сварки, однако изменение режима сварки приводит к изменению поперечного сечения сварного шва, и для заполнения разделки приходится накладывать дополнительные корректирующие швы, что нежелательно. Для того, чтобы выполнить шов на одном режиме и обеспечить постоянство сечения шва в различных пространственных положениях, необходимо корректировать силы, действующие на ванну таким образом, чтобы металл сварочной ванны не вытекал.

Поверхностное натяжение в процессе сварки можно регулировать за счет изменения размеров сварочной ванны, и скорости охлаждения ее поверхности. Для изменения размеров сварочной ванны, применяются различные устройства, осуществляющие поперечные колебания электрода, однако их применение не гарантирует получения качественных швов, при этом усложняется конструкция автомата. Если вести сварку на одном режиме, отказавшись от поперечных колебаний электрода, то на величину силы поверхностного натяжения невозможно активно влиять, также, как и на вес сварочной ванны, который определяется величиной погонной энергии.

Силовое воздействие дуги на сварочную ванну зависит от способа сварки, режима сварки и применяемых сварочных материалов. Кроме того, характер действия дуги на ванну будет зависеть от формы тока и состояния дугового промежутка. В связи с этим, для достижения нормального формирования шва необходимо изменять направление силового воздействия сварочной дуги, путем изменения угла наклона электрода.

При орбитальной сварке неповоротных стыков трубопроводов, с постоянным изменением пространственного положения сварочной ванны, изменяется и результирующая этих сил, ее направление и составляющие – нормальная и тангенциальная. Чтобы обеспечить требуемую форму шва необходимо управлять этими силами, и при изменяющихся условиях обеспечить динамическую стабилизацию сварочной ванны.

Для анализа комплекса сил использованы данные, работ [4], [5], полученные при измерении величины приведенного натяжения, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Среднее значение сварочного тока в момент выключения дуги, I(A)	Общее давление дуги Рдд,(г)	Вес сварочной ванны,(г)		Общий вес сварочной ванны, (г)	Размеры наплавки		Дин/см
		Наплавленное	Проплавленное		Полудиаметр точки, см	Высота точки, см	Значение приведенного
212	2,20	3,97	1,43	5,40	0,82	0,44	882
200	2,00	4,15	1,36	5,51	0,78	0,48	812
190	1,78	4,10	1,34	5,44	0,81	0,53	875
134	0,89	3,36	0,98	4,34	0,77	0,51	940
170	1,43	3,48	0,98	4,46	0,74	0,33	960
170	1,43	3,44	0,96	4,40	0,82	0,35	876

По данным строится схема сил при сварке в различных пространственных положениях.

Для установления влияния конкретной силы на формирование шва во всех пространственных положениях, графически строятся векторы сил действующих на сварочную ванну (поверхностного натяжения и веса сварочной ванны). При построении сделаны следующие допущения: все силы сосредоточены и приложены в одну точку (сварочную ванну считаем точкой их приложения) тем самым, избегая неоднозначности по поводу распределения этих сил при действии на сварочную ванну.

Построение ведется следующим образом, сначала строятся векторы действия сил веса сварочной ванны и поверхностного натяжения, так как величина этих сил постоянна, и на них не оказывается активное воздействие, то есть, они не изменяются в процессе сварки. Затем строится равнодействующая сила от

этих сил, которая показывает, в каком направлении может перемещаться сварочная ванна.

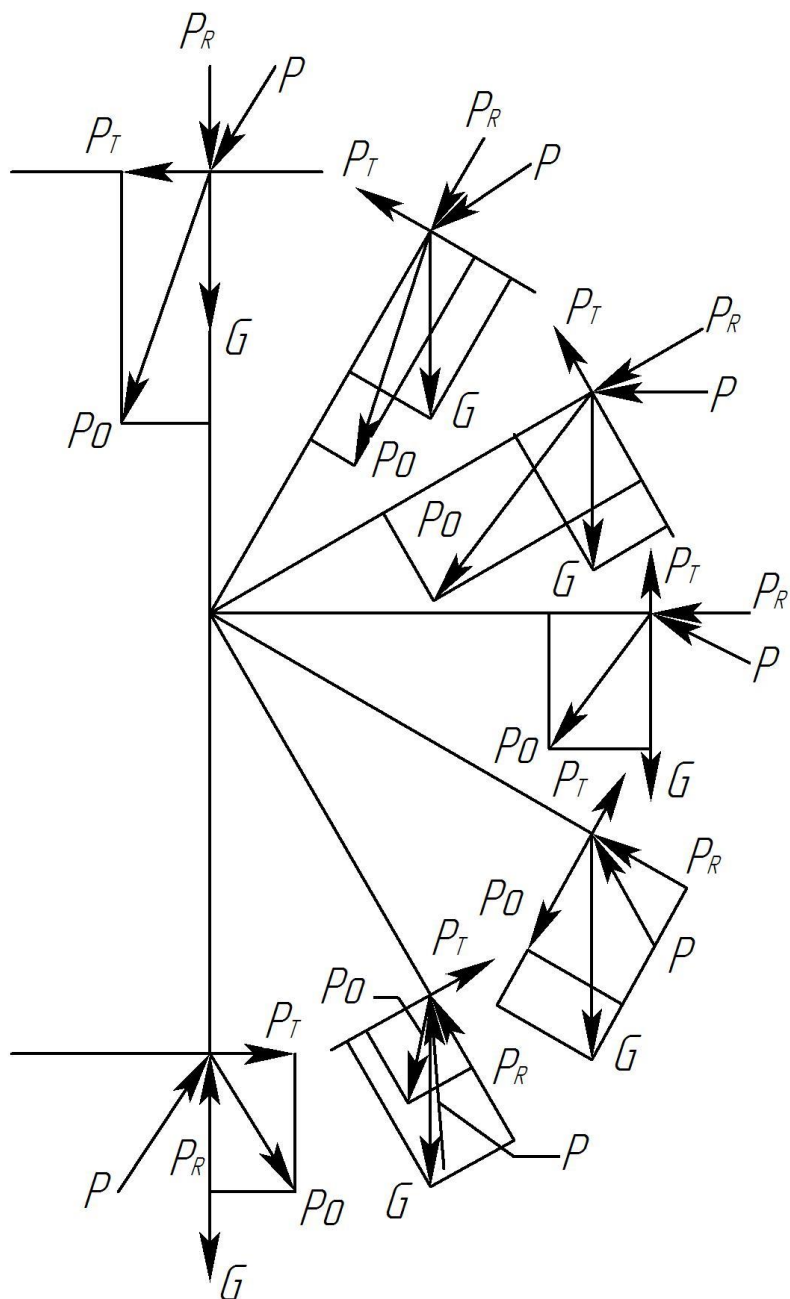


Рисунок 1 – комплекс сил.

- $P_0$  – равнодействующая сила;
- $G$  – вес сварочной ванны;
- $P$  – сила поверхностного натяжения;
- $P_T$  – тангенциальная сила;
- $P_R$  – нормальная сила.

### **1.3 Необходимость изменения угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны**

Процесс сварки неповоротных стыков, к которым относятся стыки магистральных трубопроводов. Проходит в условиях постоянно меняющейся пространственной ориентации сварочной ванны. Эти условия предъявляют специальные требования к установке, реализующий такой процесс – роботу. К числу этих требований относится наличие геометрической адаптации.

Под системой геометрической адаптацией (СГА) понимается управление углом наклона сварочной головки в функции пространственного положения сварочной ванны.

Сущность СГА заключается в том, что в основу конструкции определенной части робота, которая отвечает за пространственное положение сварочной головки, возложена возможность, изменения угла наклона сварочной головки относительно нормали, проведенной к окружности сварного шва в центре сварочной ванны, как это показано, на рисунке 2. Этот угол определяет направление сил, вызванных горением дуги, оказывающих воздействие и множество других факторов.

Подводя итоги выше сказанного, целью геометрической адаптации является осуществление соответствия угла наклона сварочной головки условиям формирования сварочного шва.

Система геометрической адаптации должна в каждый момент времени реализовывать равенство угла наклона сварочной головки установленному требуемому значению.

Требуемое значение угла наклона сварочной головки назначается в соответствии с эмпирическим законом, установленным с учетом целого ряда факторов.

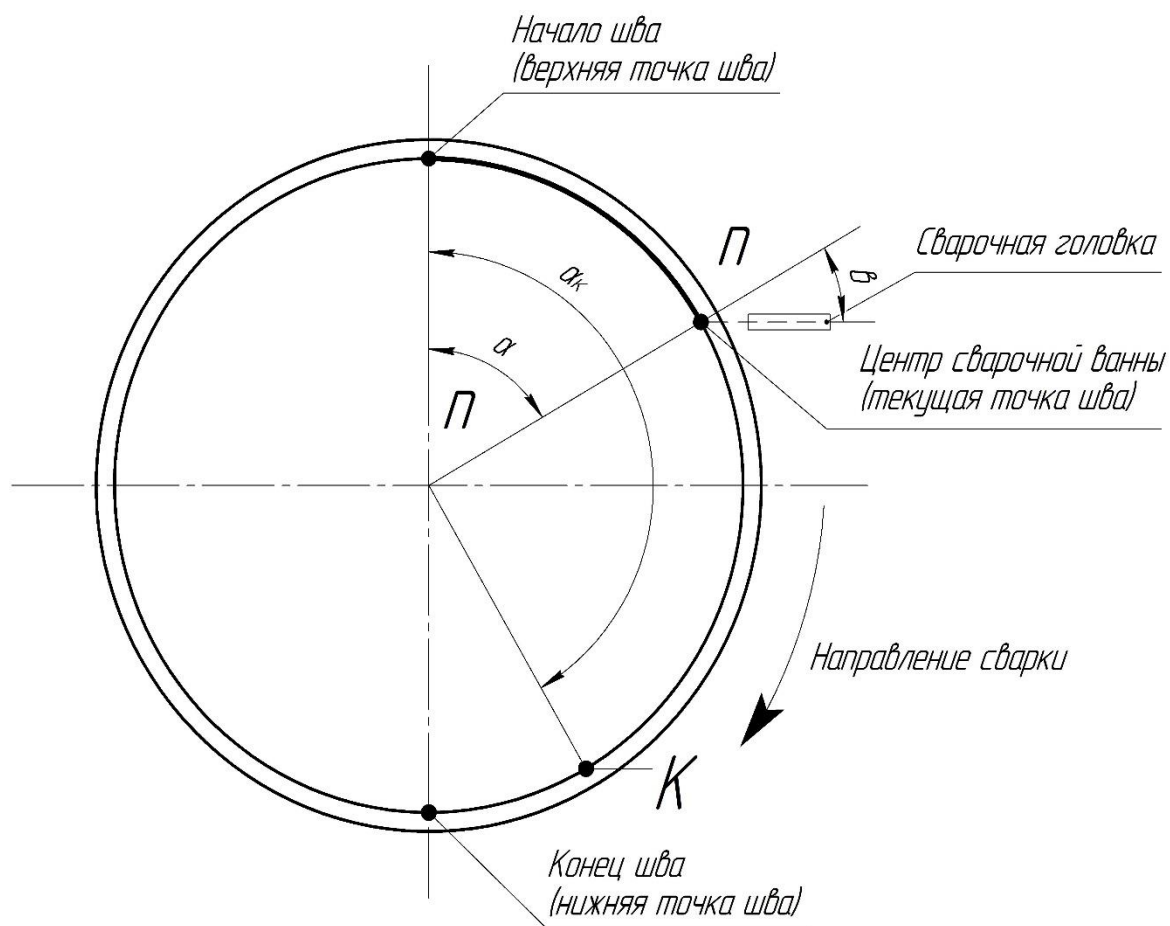


Рисунок 2 – расположение сварочного шва на трубе.

Данный закон представляет оптимальную зависимость угла наклона сварочной головки от пространственного положения сварочной ванны. Пространственное положение сварочной ванны определяется углом  $\alpha$  между линией действия силы тяжести и линией п – п, соединяющий центр окружности сварного шва с центром сварочной ванны (Рисунок 2) [6]. Закон изменения угла наклона сварочной головки в виде ломаной представлен на рисунке 2.1.



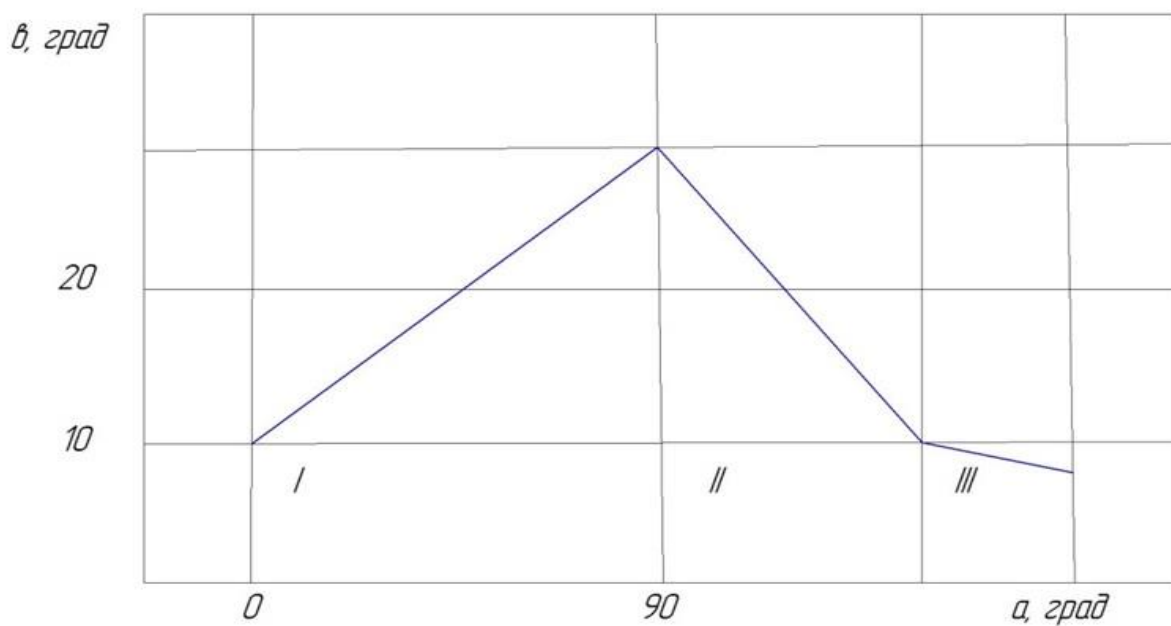


Рисунок 2.1 – требуемый закон изменения угла наклона сварочной ГОЛОВКИ.

Для реализации закона изменения угла наклона сварочной головки, который представлен на рисунке 2.1, предложена система геометрической адаптации процесса сварки, работающего в соответствии с функциональной схемой, представленной в пункте 3.

## 1.4 Анализ существующих устройств

Изобретаемое устройство относится к сфере сварки плавящимся электродом неповоротных стыков магистральных трубопроводов большого диаметра.

Данное устройство для автоматической сварки кольцевых швов неповоротных стыков трубопроводов, состоит из направляющей ленты, по которой движется тележка с приводом, и размещенной на ней сварочной аппаратуры, включая сварочную головку и другие устройства.

На данный момент существует множество устройств, предназначенных и применяющихся в производствах для сварки магистральных трубопроводов. Одним из популярных комплексов для автоматической сварки является «Восход». Данный комплекс является универсальной, автоматизированной многопозиционной сварочной системой, предназначенной для автоматической сварки порошковыми проволоками прямолинейных, криволинейных швов, орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов во всех пространственных положениях. Основные особенности установки это:

- Возможность эксплуатации на наклонных участках трассы при сварке кольцевых стыков за счет установки различной задержки горелки на кромках;
- Комплекс имеет модульное исполнение, позволяющее эффективно производить ремонт и обслуживание в рабочих условиях;
- В состав стандартного комплекса входит 2 головки (правая и левая), направляющий пояс, два пульта ДУ, один программатор, два блока питания головок, два источника питания, комплект соединительных кабелей;
- На каждой головке имеются рама головки с приводом перемещения по направляющему поясу, сварочная горелка, механизм подачи сварочной проволоки с приводом и привода перемещения горелки на головке влево - вправо и вверх - вниз. На головке установлена кассета сварочной проволоки (5 кг). Каретка кассеты выполнена со встроенным устройством контроля натяжения проволоки;

- Привод перемещения горелки выполнен с удлиненным ходом модулей (до 50 мм) в вертикальном и поперечном направлениях для использования при сварке толстостенных труб и металлоконструкций;
- Угол наклона сварочной горелки поперек и вдоль шва может устанавливаться в диапазоне  $\pm 15$  градусов. [12].

На последний пункт обратим особое внимание, поскольку в данной работе разрабатывается устройство, предназначенное изменять угол наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны в процессе сварки. В то время как у рассматриваемого комплекса, он устанавливается изначально непосредственно перед началом сварки и постоянен во всем процессе сварки. На рисунке 3 представлен сварочный комплекс для автоматической сварки «Восход», где обозначен участок, на котором выставляется определенный угол наклона сварочной головки.

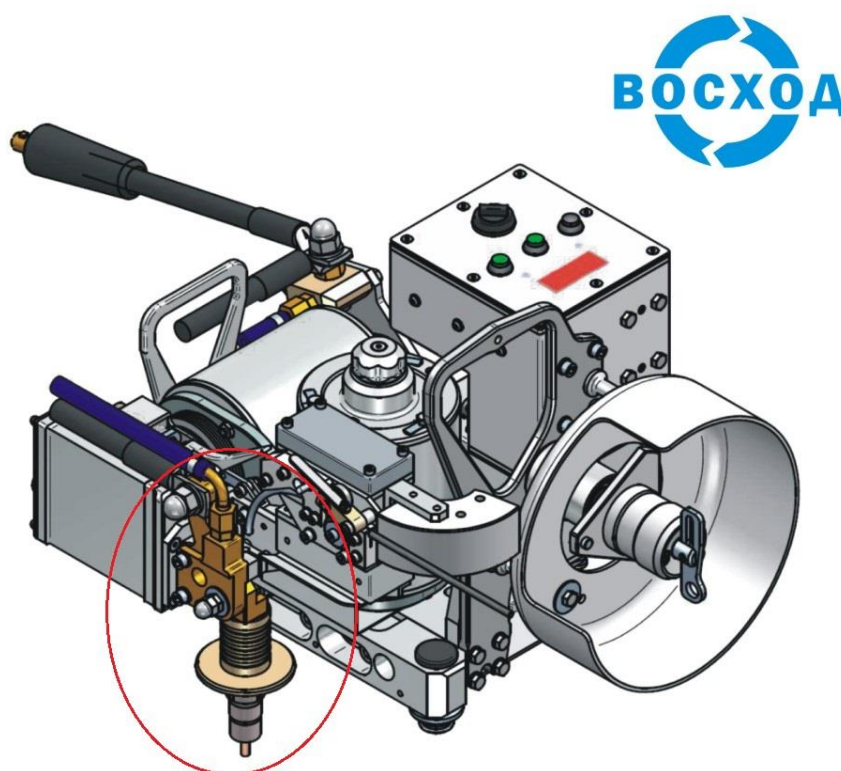


Рисунок 3 – комплекс для автоматической сварки «Восход».

Имеется множество аналогов комплексу «Восход», один из таких, это сварочный автомат для сварки неповоротных кольцевых швов в защитных

газах «Протеус». Данный сварочный автомат мало чем отличается от предыдущего, в основном это размеры установки и технические характеристики. У автомата «Протеус» так же возможна установка угла наклона до  $\pm 15$  градусов [13]. На рисунке 3.1 представлен сварочный автомат «Протеус», где так же обозначен участок, на котором выставляется определенный угол наклона сварочной головки.



Рисунок 3.1 – сварочный автомат для сварки неповоротных кольцевых швов в защитных газах «Протеус».

Самым распространенным и совершенным оборудованием для сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов, является сварочная головка М-300.

Головка М-300 является эффективной при сварке во всех пространственных положениях. Универсальность этой головки такова, что сварка может производиться и по узкой разделке кромок, и по заводской разделке.

Сварочный аппарат для орбитальной сварки включает в себя три компонента:

- каретку для перемещения по направляющему поясу;
- распределительная коробка питания, комплект соединительных кабелей;
- Регулировка постоянных углов наклона горелки  $\pm 15$  градусов;
- сварочную секцию.

Каретка состоит из шарнирного основания, регулируемого под конкретный диаметр трубы, 24х-вольтового мотора с редуктором и эксцентрикового зажимного механизма для установки аппарата на поясе. Кроме этого, имеются три желобчатых ведомых колеса и одно колесо с насечкой, перемещающееся по краю пояса и приводимое в движение мотором [14]. На рисунке 3.2 представлена сварочная головка М-300, где так же обозначен участок, на котором выставляется определенный угол наклона сварочной головки.

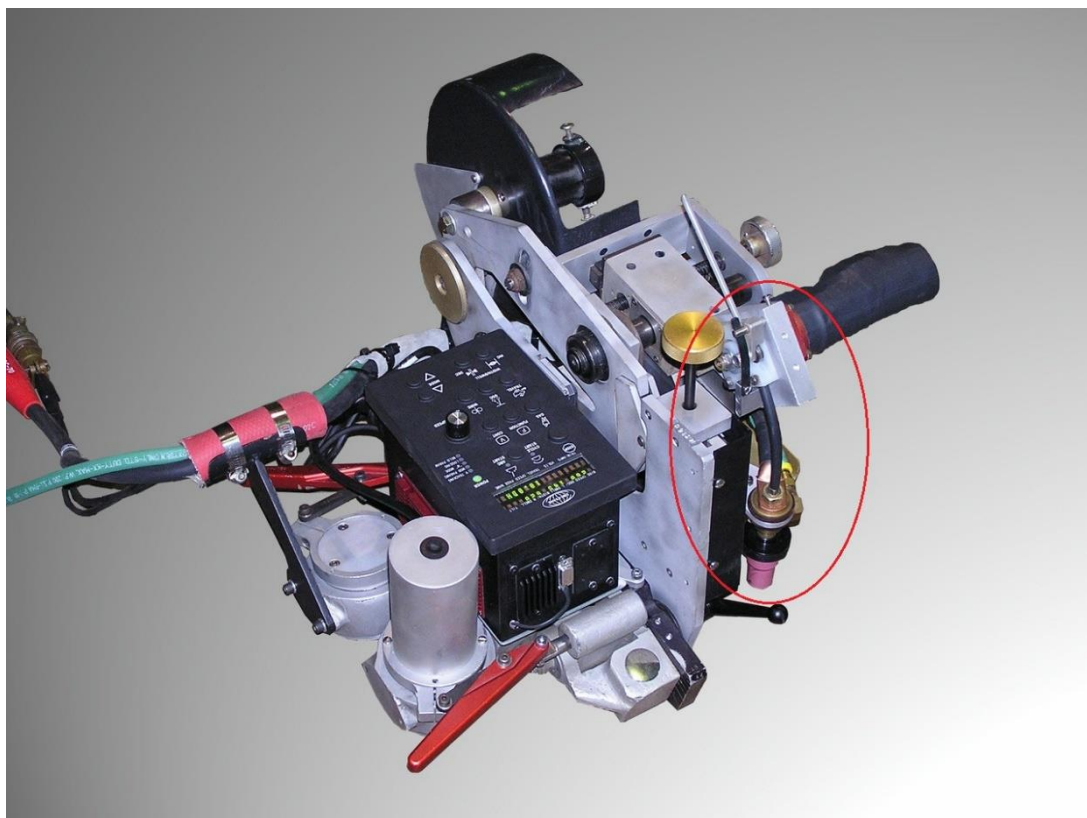


Рисунок 3.2 – сварочная головка М-300 для сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов.

Однако, как и у предыдущих сварочных комплексов «Восход» и «Протеус» у головки М-300 аналогичный метод подготовки к сварке и установки угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны перед сваркой.

Исходя из рассмотренных комплексов, можно сделать вывод, что у выше перечисленных автоматов главным недостатком является невозможность регулировки угла наклона электрода относительно нормали к поверхности трубы в плоскости стыка в процессе сварки, поскольку перед началом сварки угол заранее устанавливается в пределах  $\pm 15$  градусов и этот угол постоянен во всем процессе сварки, в следствии чего, в разных геометрических пространственных положениях качество сварного шва различается, что сказывается на эксплуатации объекта.

## **Заключение**

Анализ устройств показал, что разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны является актуальным вопросом, который позволит открыть широкий технологический потенциал сварки магистральных трубопроводов.

Конструкция обладает постоянным вылетом электрода, скоростью сварки и изменением угла наклона сварочной головки в процессе сварки, что позволяет значительно повысить производительность и качество сварного шва. Данная конструкция может успешно конкурировать с различными стремительно развивающимися устройствами для орбитальной сварки трубопроводов.

Таким образом, для эффективного использования данного устройства в промышленности возникает необходимость его дальнейшего изучения и совершенствования. Для этого в условиях учебного класса (лаборатории) были проведены эксперименты для постоянного изменения угла наклона сварочной головки, имитируя процесс сварки кольцевых неповоротных стыков трубопровода.

На основании анализа и заключения можно поставить цель работы: разработать устройство для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны.

Для реализации цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать функциональную схему;
2. Разработать механизм изменения угла наклона;
3. Разработать кинематическую схему;
4. Разработать принципиальную электрическую схему;
5. Создать действующий макет.

## 2 Требование к стабильности вылета электрода

Вылет электрода при механизированной и автоматической сварке оказывает большое влияние на протекание процессов плавления электрода, перенос электродного металла и формирование сварного шва [7].

Под вылетом электрода понимают расстояние от токоподводящего наконечника (ТН) до изделия (И) рисунок 4.

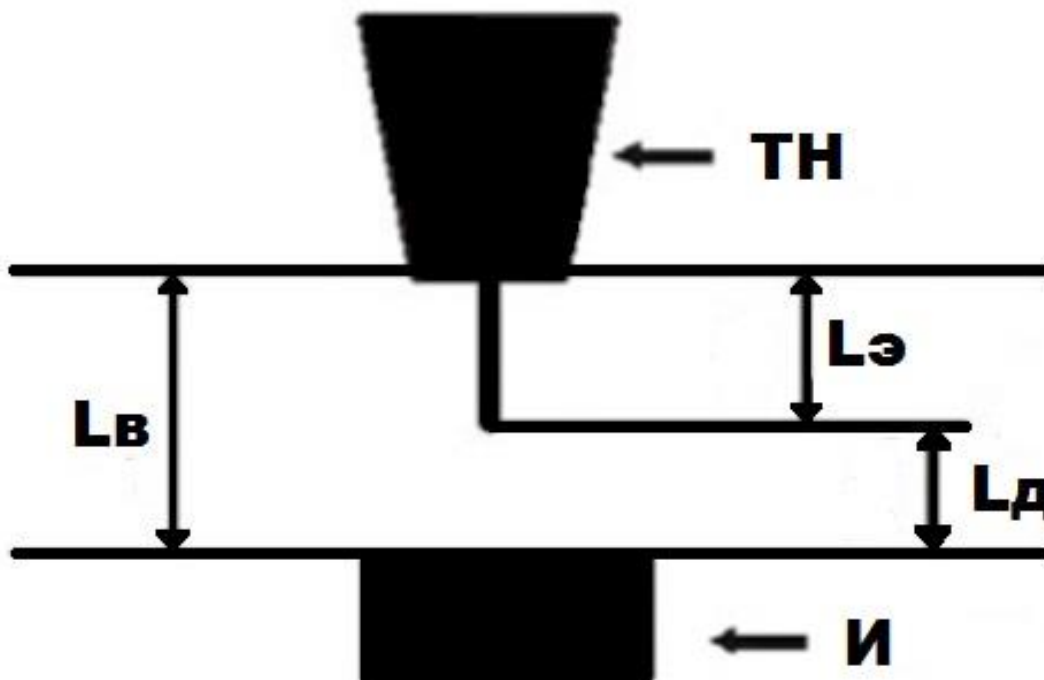


Рисунок 4 – вылет электрода.

Обозначения на рисунке:

$L_{в}$  – вылет электрода;

$L_{э}$  – длина электродной части;

$L_{д}$  – длина дуги;

ТН – токоподводящий наконечник;

И – изделие.

Как элемент электрической цепи длина электродной части представляет собой активное сопротивление, в котором выделяется мощность пропорциональная квадрату сварочного тока. При механизированной и автоматической сварке в условиях больших плотностей тока температурное поле электродной части ( $L_{э}$ ) определяет его активное сопротивление, падение



напряжения на нём  $U_{L_3}$ , характер переноса электродного металла и устойчивость горения дуги.

Сумма напряжения дуги  $U_d$  и падение напряжения на электродной части  $U_{L_3}$  представляет собой сварочное напряжение, которое фиксируется измерительными приборами и приводится в качестве напряжения режима сварки в технологической документации.

Количество теплоты, выделяемое в электродной части при сварке, определяется по формуле:

$$Q = K \cdot J^2 \cdot R \cdot T, \text{ где} \quad (1)$$

$K$  – коэффициент перевода электрической мощности в тепловую мощность;

$T$  – температура электрода;

$J$  – сила тока.

Напряжение на электродной части выражается формулой:

$$U_{L_3} = J_{св} \cdot R_T, \quad (2)$$

Сопротивление электродной части определяется по выражению:

$$R_0 = \rho \cdot L_{эл} / S, \text{ где} \quad (3)$$

$\rho$  – удельное сопротивление материала электрода;

$L_{эл}$  – длина электродной части;

$S$  – площадь сечения.

В предельном случае сопротивление электродной части при нагреве до температуре  $T$  °С определяется выражением:

$$R_T(J) = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)], \text{ где} \quad (4)$$

$R_0$  – сопротивление при комнатной температуре;

$T$  – температура подогрева электрода;

$T_0 = 20$  °С – комнатная температура;

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

Падение напряжения на электродной части зависит от силы тока, длины электродной части и от температуры подогрева, которая в свою очередь зависит от длины электродной части электрода, поэтому необходим неизменный вылет электрода.

Причем примерно половина энергии, необходимой для расплавления капли электродного металла, выделяется в электродной части.

Вывод: При автоматической орбитальной сварке, когда необходимо изменять угол наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны, не должна изменяться длина вылета электрода и скорость сварки.

### 3 Разработка функциональной схемы

#### 3.1 Система геометрической адаптации угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны

В соответствии с требованиями разработана функциональная схема, представленная на рисунке 5.

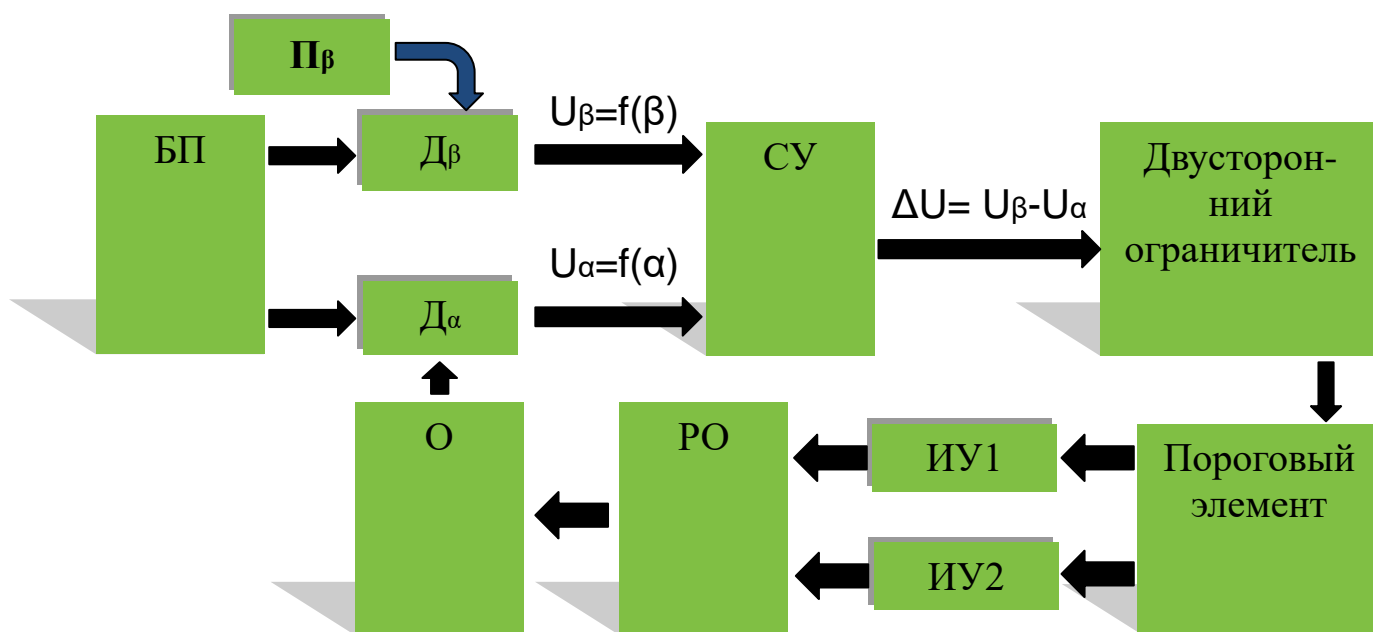


Рисунок 5 – функциональная схема СГА.

В состав функциональной схемы входят:

БП – блок питания;

П<sub>β</sub> – приводной механизм, за счет которого перемещения сварочной головки вдоль линии стыка;

Д<sub>β</sub> – датчик угла наклона сварочной головки;

Д<sub>α</sub> – функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны;

СУ – сравнивающее устройство;

ИУ<sub>1</sub> и ИУ<sub>2</sub> – исполнительные устройства;

РО – рабочий орган;

О – объект (сварочная головка).

Функциональная схема СГА, как видно из рисунка 5, содержит обратную связь. Физическая сущность этой обратной связи состоит в следующем. Функциональный датчик пространственного положения ( $D_\alpha$ ) на выходе имеет величину напряжения, изменяющуюся в функции пространственного положения сварочной ванны. На схеме (рисунок 5) данная величина напряжения представлена как  $U_\alpha=f(\alpha)$ , она отображает требуемое значение угла наклона сварочной головки. Фактическое значение угла наклона сварочной головки фиксируется датчиком  $D_\beta$  в виде напряжения  $U_\beta=f(\beta)$ . Разница напряжений  $U_\beta$  и  $U_\alpha$ , снимаемых с соответствующих датчиков является величиной, задающей управляющее действие на объект. Рабочий орган, представляющий собой двигатель привода изменения угла наклона сварочной головки, работает по принципу «включен - выключен». Изменение угла наклона сварочной головки происходит в обоих направлениях, следовательно, требуется реверсирование рабочего органа. Это реверсирование, в соответствии со схемой, осуществляется посредством порогового элемента и исполнительных устройств ИУ<sub>1</sub> и ИУ<sub>2</sub>.

Вывод: Разработанная функциональная схема обеспечивает компенсацию силы отрывающей ванны от изделия встречно направленного давления дуги.

#### 4 Разработка механической схемы системы геометрической адаптации

Автомат для дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов содержит направляющую, тележку с приводом и механизм корректировки угла наклона сварочной головки относительно нормали к поверхности трубопровода.

На рисунке 6 представлена кинематическая схема механизма угла наклона сварочной головки относительно нормали к поверхности трубопровода в плоскости стыка.

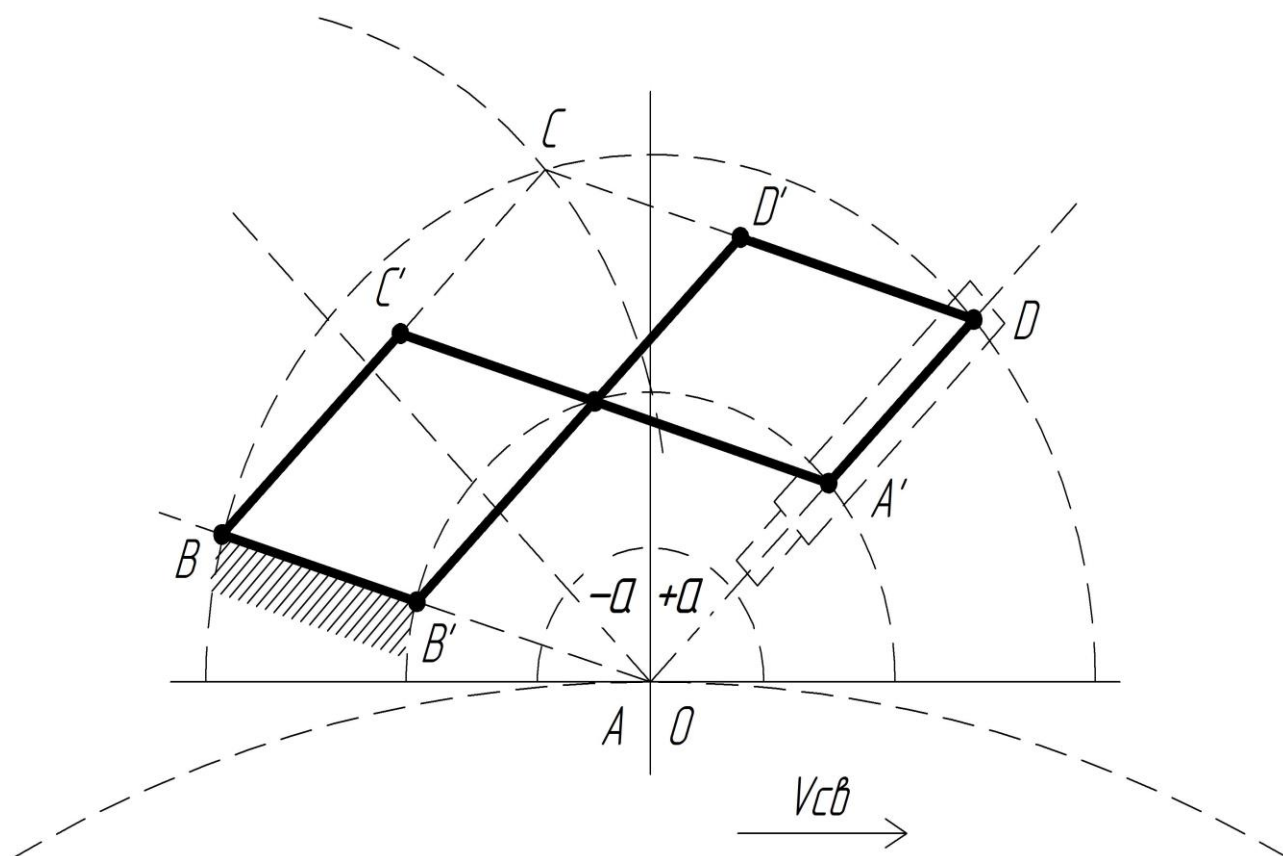


Рисунок 6 – кинематическая схема.

Обеспечение постоянства скорости сварки и вылета электрода, в условиях корректировки угла наклона сварочной головки в зависимости от пространственного положения сварочной ванны в процессе сварки достигается тем, что данный механизм корректировки угла наклона сварочной головки выполнен в виде рычажной системы из двух неравносторонних

параллелограммов  $B'CD'$  и  $CDA'$ , образующих ромб  $ABCD$  так, что короткие стороны  $CC'$  и  $CD'$  расположены на длинных сторонах  $BC$  и  $CD$  соответственно и имеют общую вершину  $C$ . Противоположные мнимые стороны ромба  $AA'$  и  $B'A$  расположены на длинных сторонах  $BA$  и  $DA$  соответственно и имеют общую мнимую вершину  $A$  (и она совмещена с центром сварочной ванны).

Ось сварочной головки и ось электрода, проходящего через нее, параллельны короткой стороне параллелограмма. Оси проходят через центр сварочной ванны при любом угле наклона сварочной головки в плоскости сварного стыка. Все вершины и точки пересечения сторон параллелограммов являются шарнирами, короткая сторона  $BB'$  одного из которых жестко закреплена на корпусе автомата. К короткой стороне  $DA'$  другого параллелограмма прикрепляется сварочная головка.

Мнимая вершина ромба  $A$  совпадает с центром сварочной ванны. При обозначенном направлении скорости сварки  $V_{св}$  при  $+\alpha$  сварка проходит углом назад, при  $-\alpha$  сварка проходит углом вперед. При изменении этого угла в процессе сварки скорость сварки и вылет электрода остаются постоянными, что улучшает качество сварки и увеличивает производительность. Кроме того, автомат не требует вмешательства оператора в процессе сварки всех слоев [8].

Разработанное устройство использовано при создании действующего макета сварочной установки для орбитальной сварки.

Вывод: В разработанной кинематической схеме изменение угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны, при регулировании его не оказывает влияние на вылет электрода и скорость сварки.



Рисунок 7 – макет (общий вид).

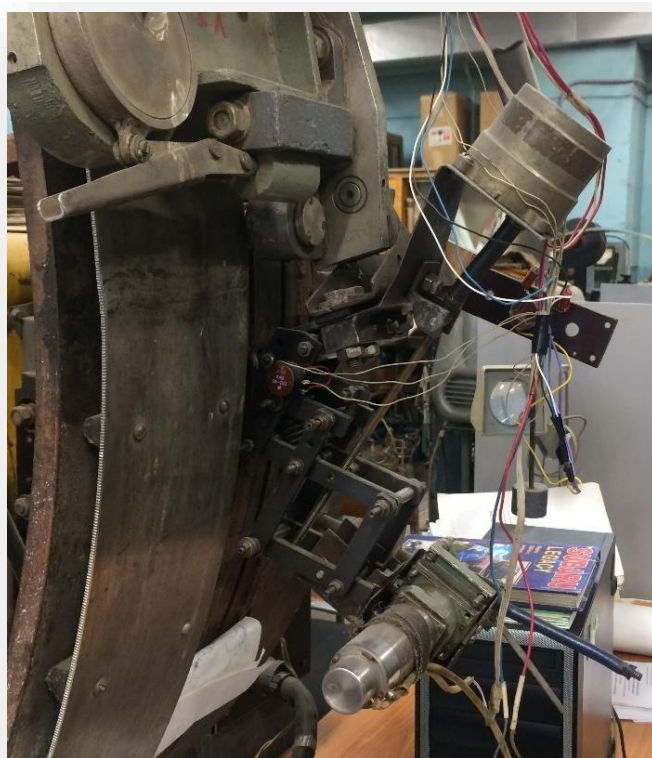


Рисунок 8 – макет (механизм корректировки угла наклона сварочной головки).

## 5 Разработка общей принципиальной электрической схемы

На рисунке 9 представлена принципиальная электрическая схема системы геометрической адаптации угла наклона электрода, соответствующая функциональной схеме, представленной на рисунке 5, на которой выделены узлы и блоки схемы, соответствующие обозначению на функциональной схеме.

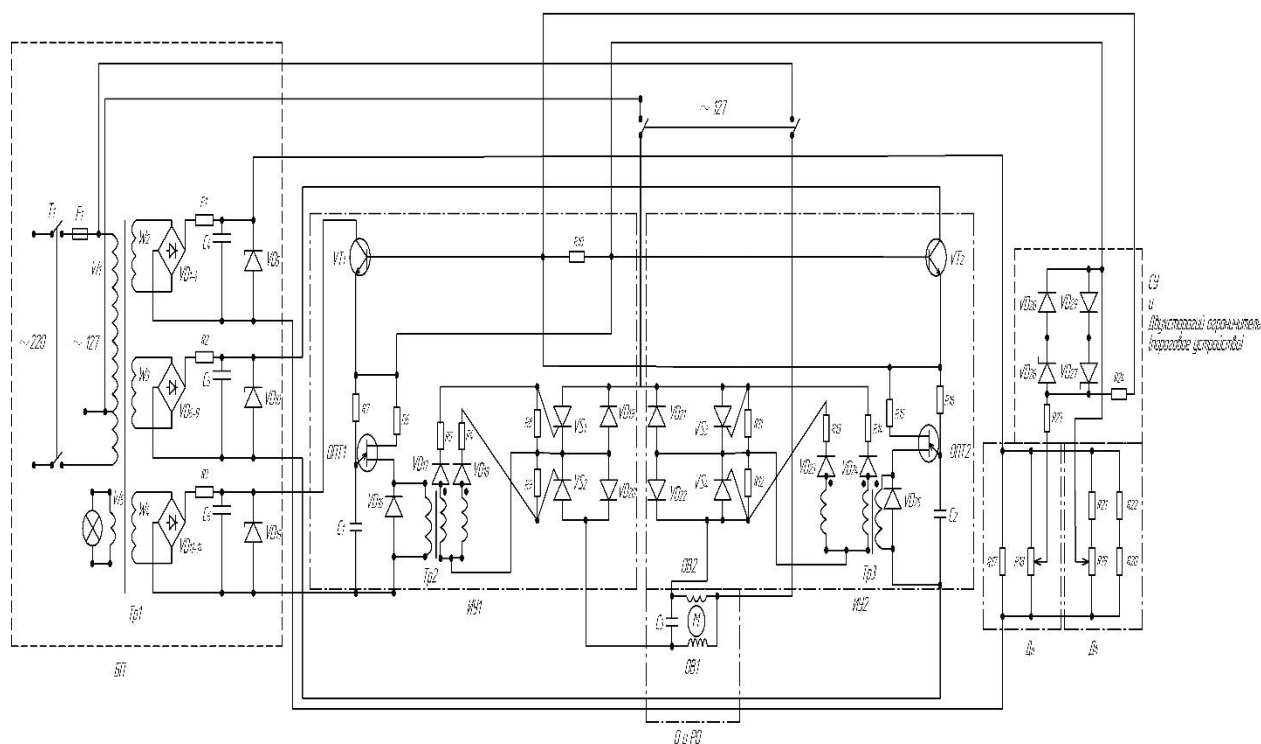


Рисунок 9 – принципиальная электрическая схема СГА угла наклона электрода.

В электрическую схему входят:

- Блок питания;
- Релаксационные генераторы;
- Однопереходные транзисторы ОПТ<sub>1</sub> и ОПТ<sub>2</sub>;
- Транзисторы VT<sub>1</sub>, VT<sub>2</sub>;
- Ключевые элементы – тиристоры (VS<sub>1</sub>, VS<sub>2</sub>, VS<sub>3</sub>, VS<sub>4</sub>), при помощи которых осуществляется переключение фаз;
- Электродвигатель М, который является регулирующим органом объекта;



- R<sub>18</sub> потенциометр, на котором выполнены датчики положения сварочной головки;
- R<sub>19</sub> потенциометр, на котором выполнен датчик пространственного положения ванны;
- Двухсторонний ограничитель (пороговое устройство), который одновременно является компаратором;
- Стабисторы VD<sub>26</sub>, VD<sub>27</sub>;
- Диоды VD<sub>28</sub>, VD<sub>29</sub>;
- Резисторы R<sub>23</sub>, R<sub>24</sub>;

Работа схемы иллюстрируется зависимостями, представленными на рисунке 10.

На рисунке 10 представлена зависимость угла наклона сварочной головки от нормали к поверхности изделия в плоскости сварного стыка в функции пространственного положения сварочной ванны. Где 1 – характеристика датчика пространственного положения сварочной ванны при сварке «на спуск», а 2 – при сварке «на подъем», причем при сварке «на подъем» напряжение несколько больше. 3 – характеристика датчика угла наклона сварочной головки [9].

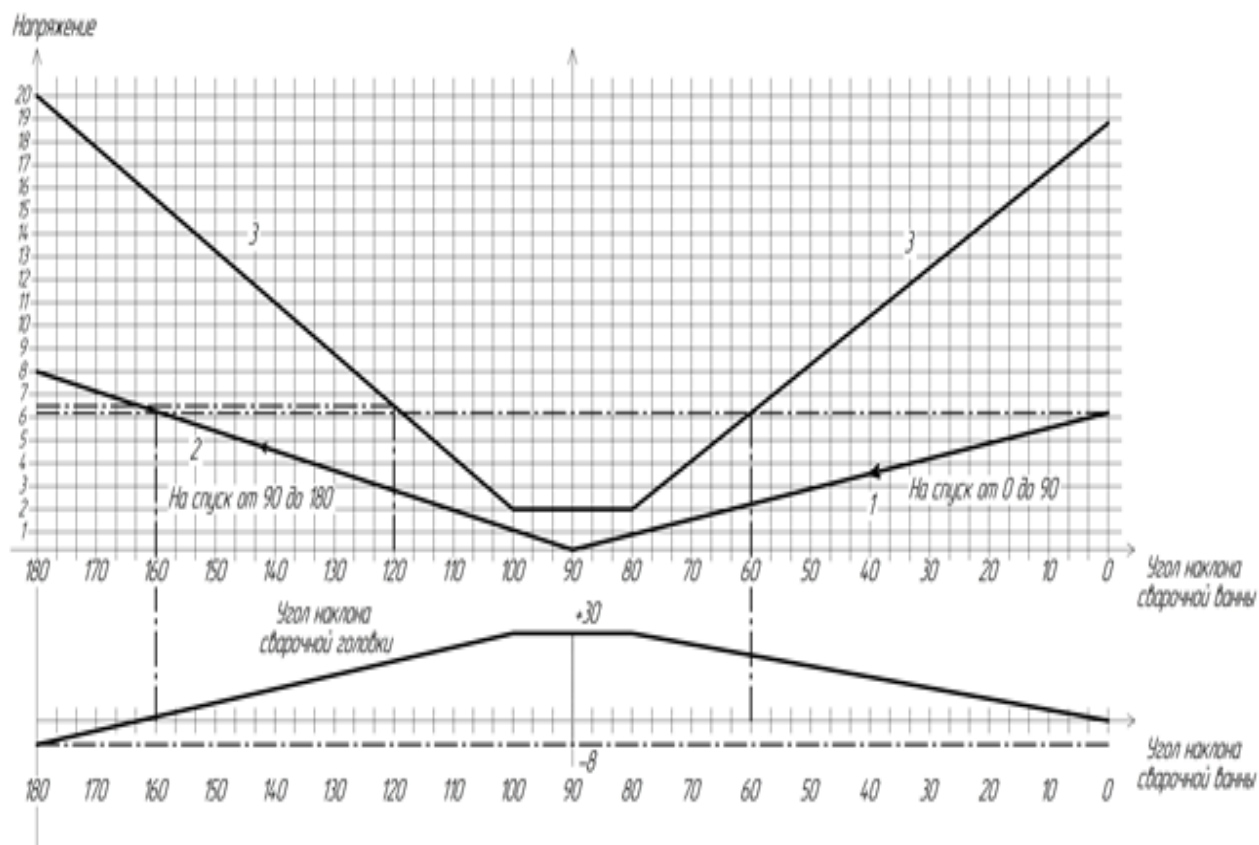


Рисунок 10 - зависимость угла наклона сварочной головки.

При сварке в нижнем положении, когда сварочная головка находится в верхней точке трубопровода и угол наклона сварочной ванны к горизонту равен  $0^\circ$  градусов напряжение датчика положения сварочной ванны максимальное. Напряжение датчика положения сварочной головки так же максимальное и практически равное напряжению датчика сварочной ванны. Но угол наклона сварочной головки к нормали равен  $0^\circ$ . При движении сварочного автомата на спуск, по мере увеличения угла наклона сварочной ванны, напряжение датчика сварочной ванны будет уменьшаться.

Вследствие этого напряжение датчика сварочной головки будет больше и появится сигнал ошибки дельта  $\Delta U$ , которая прикладывается к базе и эмиттеру транзистора  $VT_1$ , в результате чего транзистор отпирается и поступает напряжение питания на релаксационный генератор, выполненный на однопереходном транзисторе ОПТ<sub>1</sub>. В результате транзистор начинает работать с чистотой примерно 1 кГц и с вторичных обмоток трансформатора ТР<sub>2</sub>

трансформировать импульсы напряжения на управляющие переходы тиристоров  $VS_1$  и  $VS_2$ . В результате переменное напряжение сети будет поступать на нижнюю обмотку  $OB_1$  двигателя  $M$ , который начнет вращаться и через кинематическое устройство увеличивать угол наклона электрода.

Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока сигнал ошибки  $\Delta U$  будет больше порогового устройства. При условии, что значение угла наклона сварочной ванны к горизонту равно  $80^\circ$ . Угол наклона сварочной головки к нормали при этом равен  $30^\circ$ . Затем при движении сварочного автомата на спуск и дальнейшего движения его на подъем будет возникать мертвая зона до  $100^\circ$ , так как сигнал ошибки будет меньше порогосрабатывания. Но полярность сигнала ошибки будет другая, так как при движении на подъем напряжение датчика сварочной ванны будет больше напряжения датчика сварочной головки.

При положении угла наклона сварочной ванны к горизонту более  $100^\circ$  и дальнейшим ее увеличением сигнал ошибки будет больше порогосрабатывания, и он откроет транзистор  $VT_2$ , что обеспечит питание релаксационного генератора на однопереходном транзисторе  $OPT_2$  и генерирование им импульсов. Эти импульсы с вторичных обмоток трансформатора  $TP_3$  будут поступать на управляющие переходы тиристоров  $VS_3$ ,  $VS_4$ . В результате сетевое напряжение будет поступать на верхнюю обмотку  $OB_2$  двигателя  $M$ . Двигатель вращаясь, уже в противоположном направлении через кинематическое устройство будет уменьшать угол наклона сварочной головки к нормали. Этот процесс будет продолжаться до достижения сварочной ванны примерно угла  $160^\circ$ . При этом угол наклона сварочной головки к нормали будет равен нулю. Затем до  $180^\circ$  угол наклона сварочной головки начнет увеличиваться, но уже в другом направлении – сварка будет осуществляться углом вперед (примерно до  $8^\circ$ ), что предотвратит отвисание сварочной ванны.

## 5.1 Датчики сварочной головки и ванны

Показания датчиков сварочной головки и сварочной ванны влияют на изменения угла наклона электрода в процессе сварки. На рисунке 11 представлена схема датчика сварочной ванны.

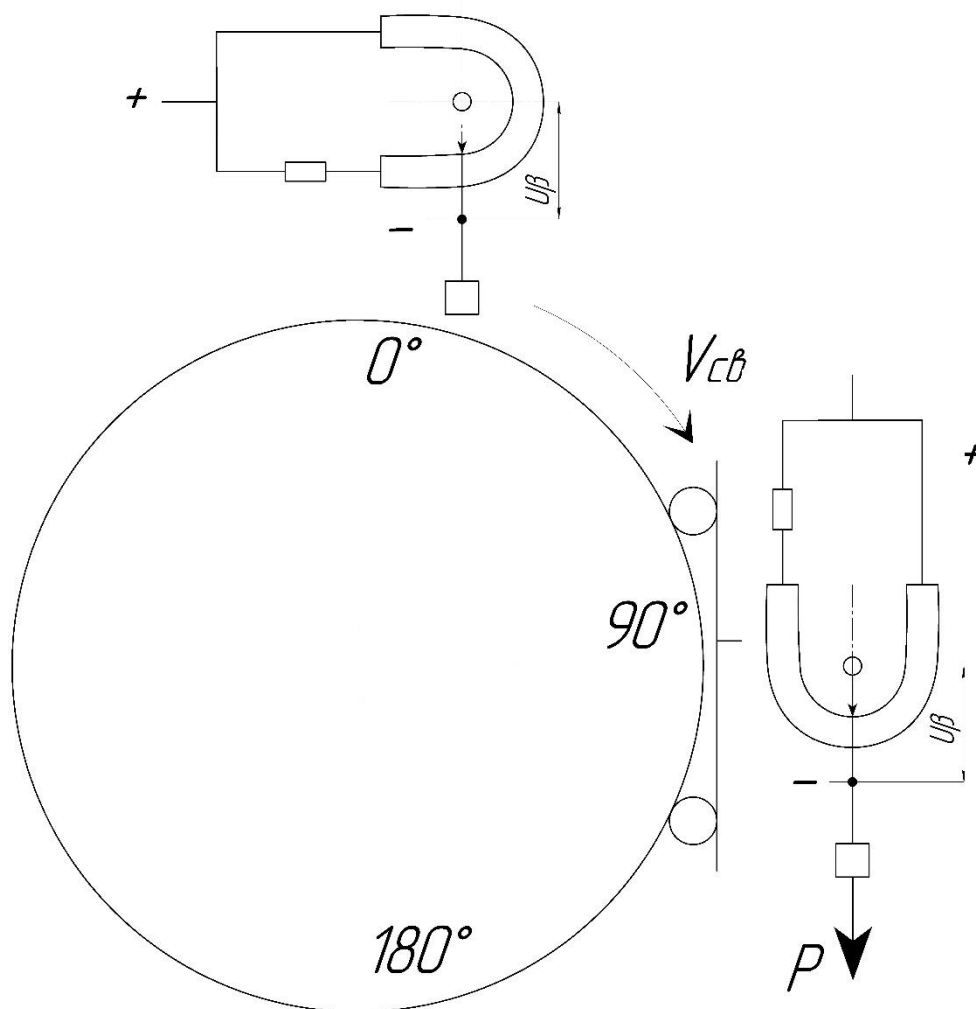


Рисунок 11 - схема датчика сварочной ванны.

Причем положительный полюс источника питания подводится непосредственно к одному выводу потенциометра, точнее, к выводу той половине потенциометра, по которой движок передвигается при сварке от 90° до 180°.

Ко второму выводу «плюс» подводится через дополнительное сопротивление, величина которого определяется равенством напряжения:

$$U_{0^\circ} = U_{150^\circ} \quad (5)$$

Датчик сварочной головки (рисунок 12) фиксирует наклон к нормали в точке сварки.

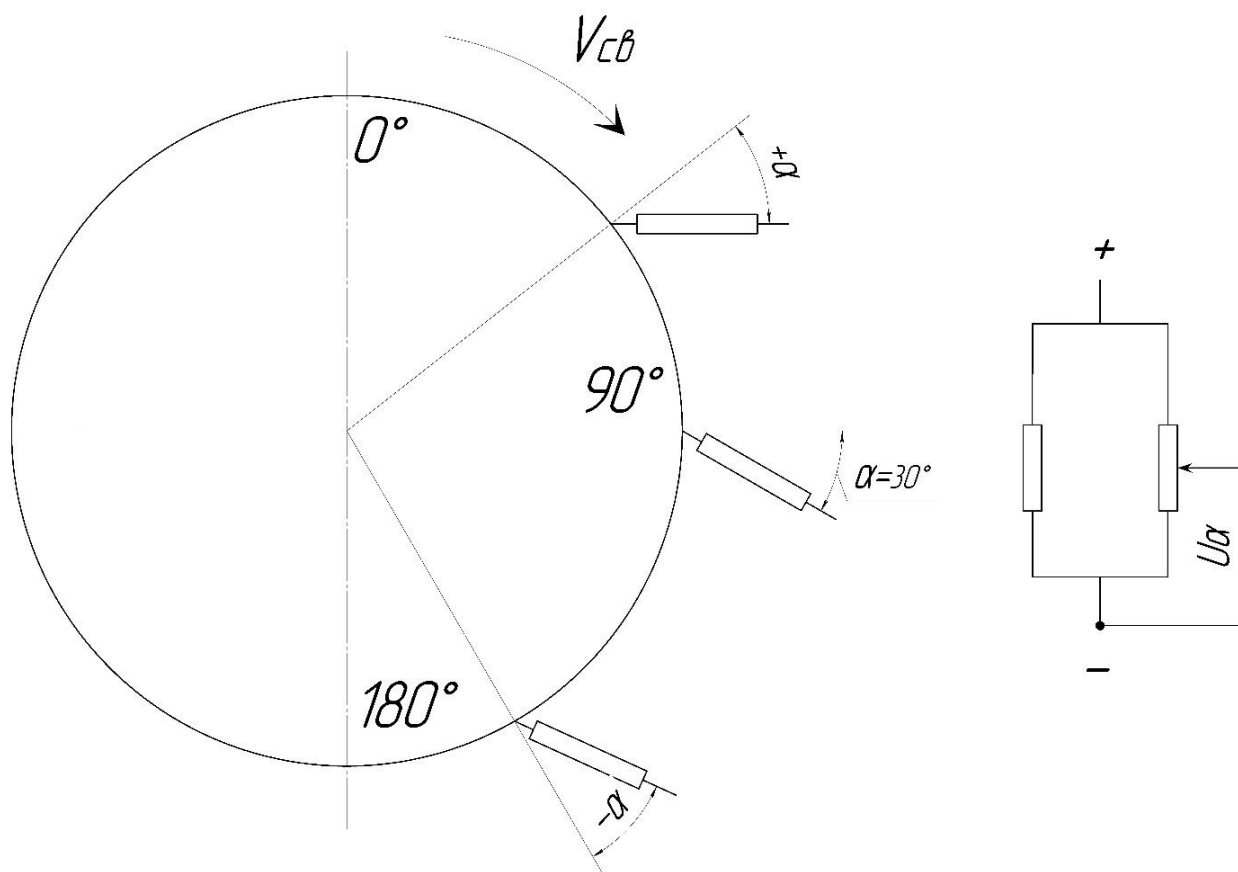


Рисунок 12 - схема датчика сварочной головки.

Максимальный угол наклона головки при положении сварочной ванны  $\beta = 90^\circ$  не должен превышать  $30^\circ$ , поэтому напряжение, прикладываемое к датчику сварочной головки должно быть в  $\beta/\alpha = 3$  раза больше напряжения прикладываемое к датчику сварочной ванны.

Вывод: Разработанная электрическая принципиальная схема управления углом наклона электрода представляет замкнутую систему и автоматически изменяет угол наклона электрода реализуя закон (Рисунок 2.1) независимо от диаметра трубы, без перестройки.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
"ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ"**

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ61	Габерлинг Ивану Петровичу

Инженерная школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Машиностроение 15.04.01

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
  2. *Матрица SWOT*
  3. *Альтернативы проведения НИ*
  4. *График проведения и бюджет НИ*
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков А. Г.	К.И.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Габерлинг Иван Петрович		

## 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Суть выпускной квалификационной работы по теме «Разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны» заключается в исследовании и разработке устройства для изменения угла наклона электрода в процессе сварки магистральных трубопроводов.

Таблица 2 - Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	-	2, 3	1
	Скорость сварки	-	2, 3	1
	Вылет электрода	-	2, 3	1

- 1- Устройство для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны;
- 2- Сварочный комплекс «Восход»;
- 3- Сварочный комплекс «ПРОТЕУС».

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Устройство для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны, как видно из сегментирования, хороший способ улучшения сварки, который может получать качественные сварные соединения.

К целевым рынкам, в которых будут применяться результаты данного исследования, можно отнести предприятия, работающие в разных отраслях: нефтяной, газовой, коммунальном и кораблестроении.

Данная выпускная квалификационная работа выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации «Стройтрансгаз» (г. Москва). Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники данной организации.

### 6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	3	3	3	0,5	0,2	0,3
2. Затраты сварочного материала	0,2	5	3	4	1	0,2	1
3. Качество сварного соединения	0,1	5	4	4	0,5	0,3	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1 цена	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,3
3 Конкурентная способность работы	0,25	5	3	3	1,25	0,5	1
Итого	0,8	28	22	24	4	1,95	2,95

Где сокращения: Б<sub>ф</sub>- Устройство для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны; Б<sub>к1</sub> – Сварочный комплекс «Восход»; Б<sub>к2</sub>- Сварочный комплекс «ПРОТЕУС».

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (5)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V<sub>i</sub> – вес показателя (в долях единицы);



$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Итогом данного анализа является то, что метод предложенный в дипломе эффективнее, чем методы конкурентов.

### 6.1.3 SWOT – анализ

Таблица 4 - Матрица SWOT

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<p>С1. Отсутствие данного устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны (отсутствие конкурентов на рынке).</p> <p>С2. Широкая область применения</p> <p>С3. Использование современного оборудования</p> <p>С4. Актуальность проекта</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя</p> <p>С6. Наличие патента на разработку</p> <p>С7. Экономия ресурсов</p>	<p>Сл.1. Развитие новых технологий</p> <p>Сл.2. Перенастройка оборудования</p> <p>Сл.3.Отсутствие квалифицированного персонала.</p>
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
<p>В1. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В2. Регулирование производительности</p> <p>В3. Повышение эффективности сварки магистральных трубопроводов</p> <p>В4. Применения для оборудования работающего в полевых условиях.</p>	<p>У1. Появление конкурентов</p> <p>У2. Государство не даст средства для реализации темы.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.</p> <p>У4. Незначительная зависимость от поставщика</p>

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 1.5-1.8.

Таблица 5 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
B1	+	+	+	+	0	0	0	0
B2	0	+	+	0	0	0	0	+
B3	+	+	+	+	+	0	0	+
B4	+	+	+	+	+	0	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1C2C3C4; B2C2C3C7; B3C1C2C3C4C5C7; B4C1C2C3C4C5C7.

Таблица 6 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Возможности проекта	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
B1	+	+	-	-
B2	+	+	-	-
B3	+	+	-	-
B4	+	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1Сл2; B2Сл1Сл2; B3Сл1Сл2; B4Сл1Сл2.

Таблица 7 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Угрозы проекта	Сильные стороны проекта							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
У1	-	-	-	-	0	-	-	-
У2	-	-	-	0	-	-	0	0
У3	0	-	-	+	0	0	0	0
У4	+	+	0	0	0	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У3С4; У4С1С2.

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	-	0	0
	У2	-	-	0
	У3	0	0	0
	У4	0	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У4Сл2.

## 6.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение устройства	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

## 6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (6)$$

где:  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (7)$$

где:  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

## 6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

где:  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 9).

После заполнения таблицы 9 строим календарный план-график (табл. 11).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ожи}$ , чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

Таблица 11- Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3											
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2											
3	Поиск и изучение материала	Студ.-рук.	2											
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2											
5	Календарное планирование	Руководитель	3											
6	Изучение литературы по теме	Студент	15											
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5											
8	Изучение установки	Студент	6											
9	Моделирование плазмотрона	Студент	3											
10	Изучение результатов	Студент	3											
11	Проведение расчетов по теме	Студент	10											
2	Анализ результатов	Студ.-рук.												
3	Вывод по цели	Студент												

– студент; – руководитель.

## 6.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

## 6.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (10)$$

где:  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 12 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Печатная бумага	лист	100	120	110	2	2	2	230	276	253
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Диоды	шт.	10	10	9	3,5	3,5	3,5	40,25	40,25	37
Резисторы	шт.	4	2	2	3	3	3	14	7	7
Припой	шт.	1	1	1	17	17	17	20	20	20



## Продолжение таблицы 12

Микросхема	шт.	1	0	0	100	0	0	115	0	0
Транзисторы	шт.	2	1	1	56	56	56	129	65	56
Итого								2100	1960	1930

## 6.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 13 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Источник питания	1	-	-	30	-	-	40	-	-
Итого:								40	-	-

## 6.2.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 14.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на одного чел.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Изучение установки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Модернизация установки	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
11.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,7	2,7	2,7
Итого:									69,7	74,2	75,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{дон}, \quad (11)$$

где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (12)$$

где:  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

#### 6.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (13)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	И	И	И	Ис	Ис	Ис
Руководитель	48	57	57	57	68	684
Студент-дипломник	31 700	27 200	28 100	38 04	32 64	337 2
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						

Исполнение 1	24190,5 руб.
Исполнение 2	25556,4 руб.
Исполнение 3	25829,5 руб.

### 6.2.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:  $Z_{\text{накл}} = 357807,5 \cdot 0,16 = 57249,2$  руб.

### 6.2.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	37353	36720,5	36636,5	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	207000	115000	138000	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	57249,2	43452,9	47324,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	415056,7	315033,8	343102,5	Сумма ст. 1- 6

### 6.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{415056,7}{415056,7} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{315033,8}{415056,7} = 0,76; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{343102,5}{415056,7} = 0,83.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (16)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 17).

Таблица 17 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	2	3
3. Точность позиционирования	0,15	4	4	4
4. Модернизация установки	0,35	4	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 3,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (17)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,55; \quad I_{исп2} = \frac{3,15}{0,76} = 4,14; \quad I_{исп3} = \frac{3,8}{0,83} = 4,57.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп i}}{I_{исп max}} \quad (18)$$

Таблица 18 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,76	0,83
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,15	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,14	4,57
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,98

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1ВМ61		Габерлинг Ивану Петровичу	
<b>Школа</b>	<b>Неразрушающего контроля и безопасности</b>	<b>Отделение</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Машиностроение 15.04.01

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Разработка устройства для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны. Данная разработка является методом повышения эффективности процесса сварки плавящимся электродом.
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Производственная безопасность</b>	Анализ выявленных вредных факторов: – Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; – Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения; Анализ выявленных опасных факторов: – Движущиеся машины и механизмы; – незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; – Электрический ток; – Повышенная температура поверхности; – Баллоны под давлением.
<b>2. Экологическая безопасность.</b>	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ. Поскольку все используемые материалы отправляются на дальнейшие исследования.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b>	– Пожар является возможной причиной чрезвычайной ситуации. Одной из причин возникновения пожара является нахождение в рабочей зоне баллона под давлением.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	– Правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ВМ61	Габерлинг Иван Петрович		



## **7 Социальная ответственность**

### **Введение**

Объектом исследования в моей работе является «Устройство для управления углом наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности НИ ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие орбитальную сварку на предприятиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы предложить устройство для адаптации угла наклона электрода при орбитальной сварке, используемое в сварочных роботах, которые адаптированы для орбитальной сварки магистральных трубопроводов. При этом устройство должно обеспечивать постоянную длину вылета электрода и скорость сварки.

### **7.1 Производственная безопасность**

Эксплуатация специализированного робота для орбитальной сварки производится в лаборатории, мастерских, либо в каком-то помещении или на специализированных площадках, оборудованными и предназначенными для проведения сварочных работ. При эксплуатации специализированного робота, прежде всего, возникают такие опасные и вредные факторы, которые могут воздействовать на здоровье работающего персонала, указанные в таблице 19.

Таблица 19 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации специализированного робота для орбитальной сварки

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка труб; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения;	1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; 2. Электрический ток; 3. Повышенная температура поверхности; 4. Баллоны под давлением.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14], СН № 4557-88[15], ГН 2.2.5.686-98[16], ГОСТ 12.1.019–79[17], ГОСТ 12.1.005–88[18], ГОСТ 12.1.007-76[19], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[20], ГОСТ 12.2.009-80[21] ГОСТ 12.2.003-74[22].

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 22269–76.

При механизированной сварке плавящимся электродами в среде защитных газов на рабочих столах (или манипуляторах) должны быть установлены наклонные или вертикальные панели равномерного всасывания

или широкие боковые отсосы, регулируемые с таким расчетом, чтобы ни нарушать газовую защиту дуги.

Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Работники, занятые производством электросварочных работ, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в соответствии с правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

Спецодежда должна быть безвредной, удобной, не стеснять движения работающего, не вызывать неприятных ощущений, защищать от искр и брызг расплавленного металла, свариваемого изделия, влага, производственных загрязнений, механических повреждений, отвечать санитарно-гигиеническим требованиям и условиям труда. Выбор спецодежды в зависимости от методов сварки и условиям труда должен производиться в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.4044 и ГОСТ 12.4 010.

#### 1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях

Избыточное тепло- и влаговыведения, а также высокая подвижность воздуха ухудшают микроклимат производственных помещений, затрудняют терморегуляцию, неблагоприятно влияют на организм работающих и способствуют снижению производительности и качества труда.

Несмотря на то, что показатели, определяющие микроклимат в помещении, могут значительно колебаться (в пределах допустимого), температура тела человека остается, как правило, постоянной.

Свойство организма поддерживать тепловой баланс называется терморегуляцией. При понижении температуры окружающего воздуха возникают ограничения теплоотдачи организмом, что снижает кровоток в кожных покровах и уменьшает влажность кожи. При повышении температуры

воздуха происходят обратные процессы. В теплообменных процессах механизмам теплоотдачи принадлежит ведущая роль.

В нормальных микроклиматических условиях теплоотдача организмом осуществляется в основном за счет излучения, на долю которого приходится около 45% всей удаляемой теплоты, в меньшей степени за счет конвекции (перенос теплоты частицами воздуха) - 30% и испарения - 25%. При пониженной температуре окружающей среды возрастает вклад конвекционно - радиационных теплопотерь организмом, а при повышенной температуре - испарения. При температуре окружающего воздуха, равной температуре тела, единственным способом теплоотдачи организмом становится испарение пота. Отдача тепла испарением пота зависит от относительной влажности и скорости движения окружающего воздуха.

Интегральным показателем теплового состояния организма человека является температура тела. О степени напряжения терморегуляции и о тепловом состоянии организма судят по изменениям температуры кожи и тепловому балансу. Косвенными показателями теплового состояния могут служить влагопотери и реакция сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, величина артериального давления и др.). Стойкое напряжение терморегуляции вследствие постоянного перегревания или переохлаждения организма способствует развитию некоторых заболеваний.

В условиях нагревающего микроклимата ограничение теплоотдачи может привести к перегреванию организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением, а при очень сильном перегревании - тепловым ударом - упадком сил, расстройством координации движений, падением артериального давления, потерей сознания, судорогами.

При работах на открытом воздухе в результате интенсивного солнечного облучения головы возможен солнечный удар. Он проявляется головной болью, расстройством зрения, рвотой, судорогами, но при нормальной температуре тела.

Под действием инфракрасного облучения возникают как местные (повышение температуры кожи, помутнение хрусталика - катаракта), так и общие изменения (нарушения функций сердечно-сосудистой и нервной систем). Инфракрасное лучистое тепло, кроме непосредственного воздействия на работников, нагревает окружающие конструкции (пол, стены, оборудование), повышает температуру внутри помещения, тем самым ухудшает условия работы.

Категория работ нормы относится к Пб категории с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

## 2. Отсутствие или недостаток необходимого естественного (искусственного) освещения

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 300 лк (СНиП 23-05-2010).

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия

человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий, коэффициент естественного (КЕО) не должен превышать 2.1%, а коэффициент пульсаций освещенности ( $K_p$ ) не должен быть больше 10%. В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

#### 1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования

К подвижным частям оборудования относятся:

- подвижные стойки или корпуса роботов;
- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;

Источниками движущихся частей также являются транспортные устройства. Основной величиной, характеризующей опасность подвижных частей, является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

Для этого проводят следующие мероприятия:

1. Устанавливают защитные устройства (местные ограждения, крышки, кожуха и др.). Защитные кожуха установлены вокруг рабочей зоны.
2. Крупногабаритные перемещающиеся части оборудования и транспортные устройства окрашивают чередующимися под углом 45° полосами желтого и черного цветов.
3. На наружной стороне ограждений наносят предупреждающий знак опасности по ГОСТ 12.4.026-2015.
4. При установке заготовок и снятии деталей применяются автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления и др.) для исключения соприкосновения рук станочников с движущимися приспособлениями и инструментом.
5. Контроль на установках размеров обрабатываемых заготовок и снятие деталей для контроля проводится лишь при отключенных механизмах вращения или перемещения инструмента и приспособлений.

## 2. Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.1.019-2009.

Лаборатория, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, отсутствие сырости. Но в процессе деятельности с электроприборами, работающим от источника тока, может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:



- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети компьютера;

- запрещается при включении компьютера одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с данным устройством необходимо:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

### 3. Повышенная температура поверхности

Интенсивность инфракрасного (теплового) излучения от свариваемых изделий и сварочной ванны определяется температурой изделий, их габаритами и конструкцией, а также температурой и размерами сварочной ванны. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения интенсивностью, превышающей допустимые уровни, может привести к

нарушениям терморегуляции, тепловому удару. Контакт с нагретым металлом может вызвать ожоги.

Средства защиты указаны в ГОСТ Р 12.4.297-2013 «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени»

Спецодежда должна полностью закрывать верхнюю и нижнюю части тела, шею, руки и ноги. Спецодежда может быть выполнена в виде куртки и брюк, или куртки и полукомбинезона. По согласованию с потребителем спецодежда может быть выполнена в виде комбинезона. Куртка должна закрывать верхнюю часть брюк не менее чем на 20 см при выполнении рабочих операций. Застежки должны исключать возможность влияния тепловых факторов на тело человека. Низ брюк должен закрывать обувь при ходьбе и выполнении любых рабочих операций. Так же предоставляются специальные краги и обувь.

#### 4. Баллоны под давлением

При работе с кислородными баллонами, а также при их хранении и транспортировке необходимо защищать их от ударов и толчков. Газовые баллоны для сварки взрывоопасны и, чтобы не допустить их взрыва, перемещать их необходимо на рессорных транспортных средствах, обеспечивающих плавность хода, на специальных тележках или носилках, или же транспортировать в специальных контейнерах.

На рабочем месте необходимо обеспечить надёжное закрепление баллонов в вертикальном положении и находится, при этом, на значительном расстоянии от источников тепла и не подвергаться прямому воздействию солнечных лучей. При нагревании газового баллона, давление газа в нём увеличивается и возникает опасность взрыва.

Не допускается хранить кислородные баллоны вместе с баллонами, содержащими горючие газы для газовой сварки. Все газовые баллоны должны

проходить периодические испытания. Баллоны, не прошедшие своевременные испытания, недопустимы для эксплуатации. Также не разрешается эксплуатировать баллоны, если они грязные или при наличии у них механических повреждений (царапин, трещин, вмятин и др.). Особенно тщательно необходимо следить за чистотой штуцера на вентиле кислородного баллона и не допускать попадания грязи и масла на них.

## **7.2 Экологическая безопасность**

Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различных установок для орбитальной сварки в турбостроении значительно упрощают процесс изготовления и ремонта магистральных трубопроводов. Также орбитальную сварку используют при создании цистерн и т.п. Применение орбитальной сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Применение конденсаторов позволяет снизить потребляемую мощность, в 2-3 раза по сравнению с трансформаторными контактными машинами.

В ходе нашей работы были следующие отходы: использованная бумага, катушки из-под сварочной проволоки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных

выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

### **7.3 Жизненный цикл разрабатываемого устройства**

Данное устройство будет выполнено из следующих материалов:

- Провода различного сечения;
- Металлический корпус и различные болтовые соединения;
- Электрические компоненты (электрические схемы и датчики);
- Движущиеся механизмы (металл).

По окончании эксплуатации или выхода из строя устройства, годные детали и компоненты будут служить донором для других устройств. Остальные будут отправлены на ремонт, либо на переработку в биологический газ и строительные материалы.

### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией и обеспечением индивидуальными средствами защиты. Возможные чрезвычайные ситуации - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, взрывы, пожары.

## Пожарная безопасность

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

Через данное помещение проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещении имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

Порядок действия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций:

1. Если произошло возгорание, принять меры к недопущению пожара и паники; оказать первую помощь пострадавшим.
2. Каждый работник при обнаружении очага загорания или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. п.) должен: незамедлительно сообщить об этом по телефону «01» или «010» (для мобильной связи). При этом назвать наименование объекта, место взрыва, пожара, а также свою фамилию; принять меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.
3. В случае сильного задымления и ограниченной видимости не следует паниковать, надо лечь на пол (для того, чтобы не задохнуться т.к. дым висит над полом примерно в 30-ти сантиметрах и в этой зоне можно дышать) и осмотреться, сориентироваться в помещении, определить направление движения к выходу и покинуть помещение;
4. Использовать первичные средства пожаротушения: углекислотные огнетушители, асбестовое полотно, войлок (кошма), песок, пожарные краны.

## **7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению сварных изделий, организации рабочих мест и помещениям – в соответствии с настоящим стандартом и ГОСТ 12.3.002-2014.

- Расстояние между установками должны обеспечивать безопасные условия труда и удобства при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на трубопроводах.
- Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих лазерное излучение материалов (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, инертные газы и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости, рабочие места должны быть оборудованы местной вытяжкой с целью исключения попадания в рабочее помещение продуктов взаимодействия ультрафиолетового излучения с обрабатываемыми материалами.

## **Заключение**

При орбитальной сварке пространственное положение сварочной ванны все время изменяется и изменяется соотношение сил, действующих на ванну. В результате, результирующая отрывающая сила меняет направление и значение, вследствие этого происходит стекание ванны, особенно когда положение ванны вертикальное. Поэтому нужно регулировать угол наклона и давление дуги в процессе сварки, чтоб скомпенсировать результирующую отрывающую силу.

Необходима геометрическая адаптация угла наклона в функции пространственного положения с тем, чтобы направить давление дуги в противофазе отрывающей силы. Анализ современных устройств показал, что не одно устройство не имеет возможности изменять угол в процессе сварки. Поэтому разработать такую систему геометрической адаптации целесообразно.

В ходе выполнения работы был разработан макет установки для изменения угла наклона электрода при орбитальной сварке. Разработана функциональная схема, кинематическая схема, которая была сконструирована и в ходе экспериментальной проверки работала согласно требованию к разработке, принципиальная электрическая схема, которая так же прошла экспериментальную проверку и показала, что заложенный принцип управления углом наклона электрода соблюдается. При изменении угла наклона вылет не изменяется и скорость сварки постоянная, так как точка поворота находится в центре сварочной ванны.

Анализ интегральных показателей эффективности показал, что реализация разработанной технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Так же были рассмотрены вопросы социальной ответственности.



## Список публикаций

Материалы из бакалаврской работы докладывались на конференциях.

Система технологической адаптации процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов [Электронный ресурс] / А. А. Лисицын; И. П. Габерлинг; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — [С. 120-123].

Управление углом наклона сварочной головки при сварке неповоротных стыков трубопроводов [Электронный ресурс] / И. П. Габерлинг; А. А. Лисицын; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — [С. 92-95]

Устройство для изменения угла наклона электрода при электродуговой сварке [Электронный ресурс] / И. П. Габерлинг; науч. рук. А. Ф. Князьков // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 23-27 мая 2016 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).

### Список используемых источников

1. Роботизация и автоматизация в проектах технологического перевооружения предприятий // журнал «Умное производство».
2. Лебедева В.К., Черныша В.П. Автоматизация сварочных процессов. – К.:Вища шк., Главное издательство, 1986. – 296с.
3. Гладков Э.А., Гуслистов И.А., Сас А.В. Динамические процессы в сварочной ванне при вариации действующих сил // Сварочное производство. – 1974. – № 4.
4. Таран В.Д., Чудинов М.С. Определение поверхностного натяжения ванночки расплавленного металла в условиях сварки // Сварочное производство 1972. № 1.
5. Чудинов М.С., Таран В.Д., Формирование шва при сварке неповоротных стыков труб с полупринудительным удержанием сварочной ванны // Сварочное производство. – 1970. - № 10.
6. Система геометрической адаптации специализированного робота для сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов.
7. Габерлинг И.П., Князьков А.Ф. Устройство для изменения угла наклона электрода при электродуговой сварке. Труды шестой всероссийской научно – практической конференции студентов и молодых ученых " Неразрушающий контроль: эл. приборостроение, технологии, безопасность"
8. Князьков А.Ф., Князьков С.А., Пилипенко Д.В. Патент. Автомат для дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов
9. Михеев А.С., Князьков С.А., Марагин К.А. Система геометрической адаптации специализированного робота для сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов.
10. Росстат. 17.23. // Протяженность путей сообщения.
11. Большая энциклопедия нефти и газа // Протяженность - магистральный трубопровод. – 1с.
12. Научно-производственная фирма «Инженерный и Технологический Сервис» // описание сварочного комплекса «Восход»

13. ТК ЛИНКСВАР // описание сварочного комплекса «ПРОТЕУС»
14. Аргус. «Полный комплекс технологий, оборудования и материалов для строительства, ремонта и реконструкций трубопроводов и инфраструктуры»  
// описание сварочного комплекса «М-300»

## Приложение А

Раздел (1 и 2)  
Анализ существующих устройств  
Требование к стабильности личин вылета электрода сварке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ61	Габерлинг Иван Петрович		

Консультант отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Слободян М.С.	К. Т. Н.		

Консультант – лингвист отделения электронной инженерии ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Игна О.Н.	Д. П. Н.		

### **1.3 Analysis of existing device**

The inventive device is intended for welding with a melting electrode of non-turning joints of main pipelines of large diameter.

This device consists of guideband, along which moves the trolley with the drive. On this guideband is placed welding equipment, which includes a torch and other devices.

At the moment, there are many devices designed and used in production for welding of main pipelines. One of the most popular complexes for automatic welding is «Voskhod». This complex is an automated multi-position welding system. Complex «Voskhod» designed for automatic welding of powdered wires of straight and curved seams, as well as for orbital welding of non-rotating joints of pipelines in all spatial positions. The main features of the installation are:

- Possibility to set different burner delay modes for welding of ring joints on sloping sections of the track;
- The complex has a modular design that allows efficient repair and maintenance in working conditions;
- The standard complex includes 2 heads (right and left), a guide belt, two remote controls, one programmer, two power supply heads, two power supplies, a set of connecting cables;
- Each head has frame with drive for moving along the guide belt, a welding torch, a mechanism for feeding a welding wire with a drive and a drive for moving the torch on the head to the left-right and up-down;
- The torch moving drive is made with an elongated stroke of modules (up to 50 mm) in vertical and transverse directions. This is used for welding thick-walled pipes and metal structures;
- The angle of inclination of the welding torch can be set in a range of  $\pm 15$  degrees for welding across and along the seam [12].

We pay special attention to the last point, since in this work a device was designed to change the angle of the oblique electrode during the welding process as a function of the spatial location of the weld pool. However, in the complex that we are

considering, the angle of inclination of the electrode is established initially immediately before the start of welding and is constant throughout the welding process. Figure 3 presents the welding complex for automatic welding «Voskhod», where a section on which a certain angle of the inclined welding head is indicated.

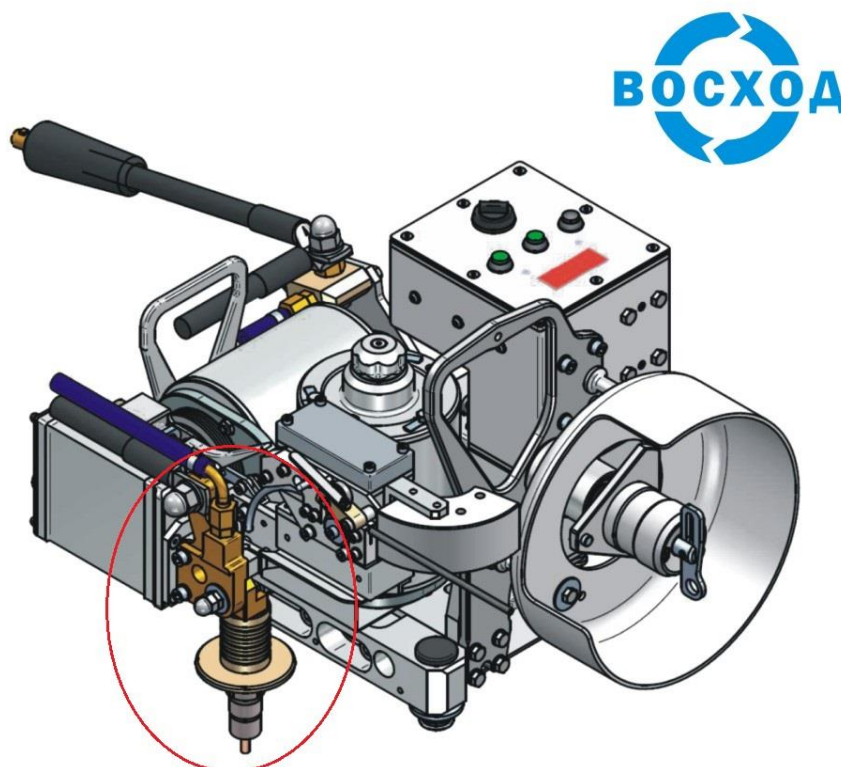


Figure 3 - complex for automatic welding «Voskhod»

There are many analogues to the complex «Voskhod». For example, "Proteus", a welding machine, designed for welding non-rotating annular seams in a protective gas environment. This welding machine is not much different from the previous one, basically it is the dimensions of the installation and the technical characteristics. At the machine «Proteus» it is also possible to set the angle of inclination to  $\pm 15$  degrees [13]. Figure 3.1 shows the welding machine "Proteus", on which a section is selected, with which it is possible to set a certain angle of the inclined welding head.



Figure 3.1 - welding machine for welding non-rotating annular seams in the protective gas environment «Proteus».

Welding head M-300 is one of the most common equipment for welding non-negotiable joints of main pipelines.

The M-300 head is effective for welding in all spatial positions. Due to this head, welding can be done by narrow cutting of the edges and by factory cutting.

The welding machine for orbital welding includes three components:

- a carriage for moving along the guide belt;
- power distribution box, a set of connecting cables;
- adjustment of the constant angles of the burner inclination  $\pm 15$  degrees;
- welding section.

The carriage consists of a hinged base that is adjustable for a particular pipe diameter, a 24-volt motor with a gear and an eccentric clamping mechanism for

mounting the device on the belt. In addition, there are three grooved driven wheels and one wheel with a notch that moves along the edge of the belt and was driven by a motor [14]. Figure 3.2 shows the welding head M-300, where a section was indicated, on which a certain angle of the inclined welding head is exposed.

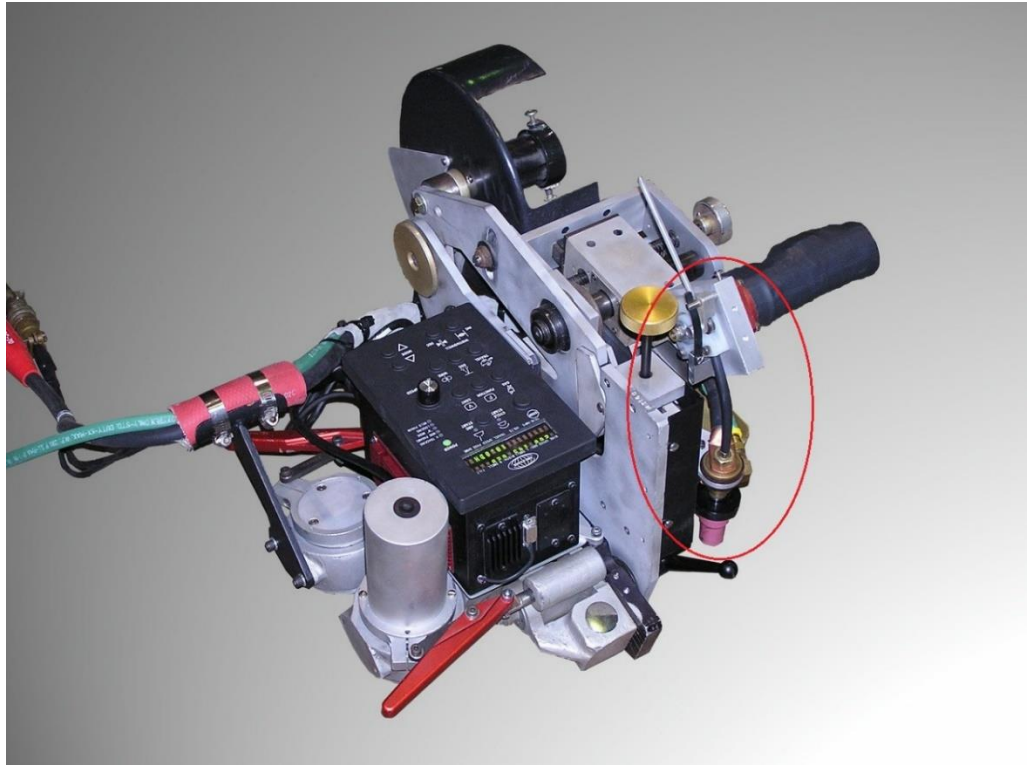


Figure 3.2 - welding head M-300 designed for welding non-stop joints of main pipelines.

Like the previous "Voskhod" and "Proteus" welding complexes, the M-300 head has a similar method of preparing for welding and setting the angle of the inclined electrode as a function of the spatial location of the weld pool before welding.

Proceeding from the considered complexes, it can be concluded that the main drawback of the above-mentioned automata is the impossibility of adjusting the angle of inclination of the electrode relative to the normal to the pipe surface in the interface plane during welding. This is due to the fact that before the start of welding the angle is set within  $\pm 15$  degrees and it can not be changed. Consequently, in



different geometric spatial positions the quality of the welded seam is different, which affects the operation of the facility.

## 2 Requirement for stability of the electrode extension.

Electrode extension during mechanized and automatic welding has a great influence on the course of the electrode melting processes, the transfer of the electrode metal and the formation of the welded seam [7].

Electrode extension – it is distance from the current lead tip (CL) to the product (P) picture 3.

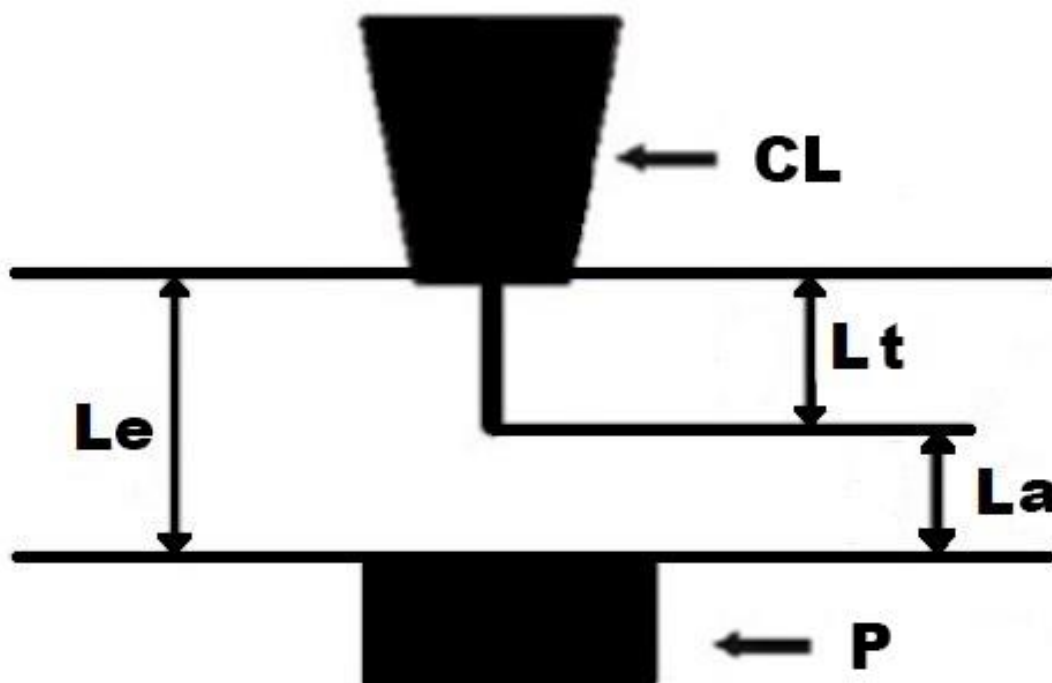


Figure 3 – electrode extension.

Обозначения на рисунке:

$L_e$  – electrode extension;

$L_t$  – electrode part length;

$L_a$  – arc length;

CT – contact tip;

P – product.

As an element of an electrical circuit, the length of the electrode is the active resistance, in which the output is equal to the welding current in the second power.

With mechanized and automatic welding under conditions of high current densities, the temperature field of the electrode part ( $L_t$ ) determines its active resistance, voltage drop on it ( $U_{Lt}$ ), the nature of electrode metal transfer and stability burning arc.

The sum of the arc voltage  $U_a$  and the voltage drop at the electrode part  $U_{Lt}$  is the welding voltage, which fixed by the measuring devices. This shown in the process documentation as a welding mode voltage.

The amount of heat released in the electrode part during welding determined by the formula:

$$Q = K \cdot J^2 \cdot R \cdot T, \text{ where} \quad (1)$$

$K$  – coefficient of transfer of electrical power to thermal power;

$T$  – electrode temperature;

$J$  – current intensity.

The voltage at the electrode part was expressed by the formula:

$$U_{Lt} = J_{sv} \cdot R_T, \quad (2)$$

Resistance of the electrode part was determined by the expression:

$$R_0 = \rho \cdot L_e / S, \text{ where} \quad (3)$$

$\rho$  – resistance welding electrode materials;

$L_e$  – electrode length;

$S$  – cross-sectional area.

In the limiting case, the resistance of the electrode part when heated to a temperature  $T$  °C is determined by the expression:

$$R_T(J) = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)], \text{ where} \quad (4)$$

$R_0$  – resistance at room temperature;

$T$  – temperature of electrode heating;

$T_0 = 20$  °C – room temperature;

$\alpha$  – temperature coefficient of resistance.

The voltage drop on the electrode part depends on the current strength, the length of the electrode part and the heating temperature, which in turn depends on the length of the electrode. Therefore, the electrode part must always be extension.

Moreover, about half of the energy necessary to melt a drop of electrode metal was released in the electrode part.

**Conclusion:** In automatic orbital welding, when it is necessary to change the angle of the electrode in the function of the spatial position of the weld pool, the length of the electrode extension and the welding speed should not change.